

Alimentos para Gado de Leite



Editores:
Lúcio Carlos Gonçalves
Iran Borges
Pedro Dias Sales Ferreira

Lúcio Carlos Gonçalves
Iran Borges
Pedro Dias Sales Ferreira

ALIMENTOS PARA GADO DE LEITE

FEPMVZ-Editora
Belo Horizonte
2009

A414 Alimentos para gado de leite / Editores: Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges, Pedro Dias Sales Ferreira. – Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.
568 p. : il.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-87144-36-2

1. Bovino de leite – Alimentação e rações. 2. Bovino de leite - Nutrição.
3. Nutrição animal. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Borges, Iran. III. Ferreira,
Pedro Dias Sales.

CDD – 636.214 085 2

PREFÁCIO

A carência de uma obra que reunisse informações acerca do uso de alimentos para bovinos leiteiros motivou a elaboração deste livro. Considerando-se a literatura internacional, nos últimos anos, tem sido grande a produção de conhecimento sobre alimentos para gado de leite, no entanto era necessário reunir estas informações para facilitar aos interessados o acesso a elas.

Este livro visa atingir produtores rurais, alunos de graduação e pós-graduação e demais técnicos da área de produção de gado de leite.

A obra traz informações sobre os alimentos volumosos mais comuns, alimentos concentrados proteicos e energéticos, o uso de resíduos, de ureia, de taninos e a qualidade de ingredientes para alimentação de bovinos leiteiros.

Agradecemos especialmente a cada autor pelo afinho e dedicação com que trabalharam para tornar possível a elaboração deste livro

Os Editores

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	CLASSIFICAÇÃO DOS ALIMENTOS. <i>Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges, Ana Luiza da Costa Cruz Borges, Pedro Dias Sales Ferreira</i>	1
CAPÍTULO 2	CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Mariana Magalhães Campos, Ana Luiza da Costa Cruz Borges, Lúcio Carlos Gonçalves</i>	7
CAPÍTULO 3	SILAGEM DE GIRASSOL PARA BOVINOS LEITEIROS. <i>Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Lúcio Carlos Gonçalves, Thierry Ribeiro Tomich, Alex Santos Lustosa de Aragão</i>	26
CAPÍTULO 4	SILAGEM DE SORGO PARA GADO DE LEITE. <i>Wilson Gonçalves de Faria Jr., Lúcio Carlos Gonçalves, Daniel Ananias de Assis Pires, José Avelino Santos Rodrigues, Matheus Anchieta Ramirez</i>	43
CAPÍTULO 5	O MILHETO COMO OPÇÃO PARA GADO DE LEITE. <i>Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior, Lúcio Carlos Gonçalves, Roberto Guimarães Júnior, Fernando Pimont Pôssas, Rogério Martins Maurício</i>	65
CAPÍTULO 6	RESÍDUOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Marcos Cláudio Pinheiro Rogério, Gherman Garcia Leal de Araujo, Marcos José Alves, Jose Neuman Miranda Neiva, Helio Henrique Araújo Costa</i>	88
CAPÍTULO 7	POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE. <i>Alex de Matos Teixeira, Lúcio Carlos Gonçalves, Frederico Osório Velasco, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior, Felipe Antunes Magalhães</i>	116
CAPÍTULO 8	POLPA DE BETERRABA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Isabela Rocha França Machado Veiga, Lúcio Carlos Gonçalves, Fernanda Samarini Machado, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior</i>	132
CAPÍTULO 9	RESÍDUO DE CERVEJARIA PARA GADO LEITEIRO. <i>Frederico Osório Velasco, Lúcio Carlos Gonçalves, Alex de Matos Teixeira, Wilson Gonçalves de Faria Jr., Felipe Antunes Magalhães</i>	139
CAPÍTULO 10	FIBRA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Fernanda Samarini Machado, Lúcio Carlos Gonçalves, Marcelo Neves Ribas, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior</i>	152
CAPÍTULO 11	CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior, Lúcio Carlos Gonçalves, Flavia Cardoso Lacerda Lobato, Frederico Osório Velasco</i>	173
CAPÍTULO 12	UREIA E AMÔNIA EM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA RUMINANTES. <i>Wilson Gonçalves Faria Jr., Lúcio Carlos Gonçalves, Cristiano Gonzaga Jayme, Alex de Matos Teixeira</i>	184
CAPÍTULO 13	HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA RUMINANTES. <i>Frederico Osório Velasco, Lúcio Carlos Gonçalves, Marcelo Neves Ribas, Wilson Gonçalves de Faria Jr.</i>	209

CAPÍTULO 14	O MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Roberto Camargos Antunes, Lúcio Carlos Gonçalves, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho</i>	240
CAPÍTULO 15	SILAGEM DE GRÃO ÚMIDO DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE. <i>Marcelo Neves Ribas, Lúcio Carlos Gonçalves, Fernanda Samarini Machado, Isabela Rocha França Machado Veiga, Marcelo Resende Sousa</i>	270
CAPÍTULO 16	GRÃO DE SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Wilson Gonçalves de Faria Jr., Lúcio Carlos Gonçalves, Alex de Matos Teixeira, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho</i>	282
CAPÍTULO 17	COPRODUTOS DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Fernanda Samarini Machado, Lúcio Carlos Gonçalves, Wilson Gonçalves de Faria Jr., Marcelo Neves Ribas</i>	305
CAPÍTULO 18	COPRODUTOS DO TRIGO E DO ARROZ NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Flávia Cardoso Lacerda Lobato, Lúcio Carlos Gonçalves, Isabela Rocha França Machado Veiga, Fernando Pimont Pôssas</i>	327
CAPÍTULO 19	BATATA-DOCE NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Isabela Rocha França Machado Veiga, Lúcio Carlos Gonçalves, Flávia Cardoso Lacerda Lobato, Wilson Gonçalves de Faria Jr.</i>	347
CAPÍTULO 20	CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Eloísa de Oliveira Simões Saliba, Norberto Mario Rodriguez, Lúcio Carlos Gonçalves</i>	359
CAPÍTULO 21	GRÃO DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Wilson Gonçalves de Faria Jr, Lúcio Carlos Gonçalves, Alex de Matos Teixeira, Flávia Cardoso Lacerda Lobato</i>	381
CAPÍTULO 22	FARELO DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS. <i>Wilson Gonçalves de Faria Jr., Diogo Gonzaga Jayme, Lúcio Carlos Gonçalves, Pedro Dias Sales Ferreira</i>	416
CAPÍTULO 23	CAROÇO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Flávia Cardoso Lacerda Lobato, Lúcio Carlos Gonçalves, Isabela Rocha França Machado Veiga, Fernando Pimont Pôssas</i>	433
CAPÍTULO 24	FARELO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO LEITEIRO. <i>Alex de Matos Teixeira, Lúcio Carlos Gonçalves, Frederico Osório Velasco, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior</i>	445
CAPÍTULO 25	SEMENTES, TORTA E FARELO DE GIRASSOL NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho, Lúcio Carlos Gonçalves, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Frederico Osório Velasco</i>	464
CAPÍTULO 26	FARELO DE AMENDOIM NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Fernando Pimont Pôssas, Lúcio Carlos Gonçalves, Flávia Cardoso Lacerda Lobato, Fernanda Samarini Machado</i>	478

CAPÍTULO 27	TORTA DE MAMONA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Marcelo Neves Ribas, Lúcio Carlos Gonçalves, Fernanda Samarini Machado, Isabela Rocha França Machado Veiga</i>	501
CAPÍTULO 28	UREIA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE. <i>Roberto Guimarães Júnior, Lúcio Carlos Gonçalves, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Thierry Ribeiro Tomich</i>	511
CAPÍTULO 29	TANINOS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. <i>Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho, Lúcio Carlos Gonçalves, Rogério Martins Maurício, Diego Soares Gonçalves Cruz, Matheus Anchieta Ramirez</i>	532
CAPÍTULO 30	QUALIDADE DE INGREDIENTES PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS. <i>Deborah Alves Ferreira, Lúcio Carlos Gonçalves, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho, Pedro Dias Sales Ferreira, Matheus Anchieta Ramirez</i>	545

CAPÍTULO 1

CLASSIFICAÇÃO DOS ALIMENTOS

*Lúcio Carlos Gonçalves¹, Iran Borges²,
Ana Luiza da Costa Cruz Borges³, Pedro Dias Sales Ferreira⁴*

RESUMO

Este capítulo visa apresentar uma classificação simplificada dos alimentos e enumerar os fatores que podem alterar-lhes a composição.

INTRODUÇÃO

É importante que o nutricionista saiba classificar os alimentos para que possa utilizá-los racional e adequadamente. Assim, ele poderá elaborar dietas nutricionalmente equilibradas que resultarão em desempenhos animais satisfatórios.

Os alimentos são classificados de acordo com os seus conteúdos de fibra bruta e de outros nutrientes, em cinco grandes grupos:

1. ALIMENTOS VOLUMOSOS

São os que contêm mais de 18% de fibra bruta (FB) na matéria seca e englobam forrageiras secas e grosseiras (fenos e palhas), pastagens cultivadas, pastos nativos, forrageiras verdes e silagens.

Existem grandes diferenças entre os conteúdos de proteína bruta, fibra bruta, cálcio e fósforo entre as forrageiras tropicais. À medida que a planta forrageira envelhece, seu valor nutritivo piora pelo maior acúmulo de carboidratos estruturais e lignina e pela menor porcentagem de proteína bruta e fósforo, trazendo como consequência menor consumo e menor digestibilidade da matéria seca ingerida. É importante salientar que quanto melhor o valor nutritivo do volumoso, menor será o custo de produção da carne e do leite produzidos a partir desses alimentos.

¹ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

² Zootecnista, Dsc. Prof. Associado, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. iranborges@superig.com.br

³ Médica Veterinária, DSc. Profª. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. analuiza@vet.ufmg.br

⁴ Médico Veterinário, mestrando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. ferreira.pds@gmail.com

As diferenças entre a composição química de diferentes forrageiras e entre forrageiras em diferentes idades de corte podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição bromatológica de forrageiras tropicais em diferentes idades em porcentagem de matéria seca.

Forrageira	Idade (dias)	% MS*	% PB	% FDN	% FDA	% Ca	% P
Capim-braquiarião	0 a 30	14,46	11,04	67,89	33,29	0,94	0,47
	31 a 45	21,47	10,65	63,06	31,19	-	-
	46 a 60	21,49	10,61	83,75	43,55	0,71	0,47
Capim-decumbens	0 a 30	21,21	12,32	77,93	37,55	0,61	0,42
	31 a 45	30,23	7,78	-	-	-	0,30
	46 a 60	27,34	9,06	79,96	40,04	0,53	0,35
Capim-elefante	31 a 45	14,35	14,34	69,84	38,94	0,35	0,27
	46 a 60	19,94	9,20	72,28	42,43	0,50	0,54
	61 a 90	19,77	9,70	73,94	41,95	0,29	0,29
Capim-tifton	0 a 30	17,89	11,88	72,65	38,57	0,26	0,26
	31 a 45	16,59	9,22	72,34	37,81	0,25	0,21
	46 a 60	20,78	7,42	72,31	37,29	0,24	0,20

* A matéria seca está em porcentagem da matéria natural. Matéria Seca (MS); proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); cálcio (Ca); fósforo (P).

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

Tabela 2. Composição bromatológica de silagens em porcentagem de matéria seca.

Forrageira	% MS*	% PB	% FDN	% FDA	% Ca	% P	% NDT
Silagem de cana-de-açúcar	25,85	4,05	62,26	41,95	0,46	0,03	45,65
Silagem de capim-elefante	26,81	5,84	79,13	51,75	0,35	0,13	58,08
Silagem de girassol	23,87	9,07	46,10	36,02	1,22	0,10	-
Silagem de milho	30,92	7,26	55,41	30,63	0,30	0,19	64,27
Silagem de sorgo	30,82	6,69	61,41	35,77	0,30	0,18	57,23

* A matéria seca está em porcentagem da matéria natural. Matéria seca (MS); proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); cálcio (Ca); fósforo (P); nutrientes digestíveis totais (NDT).

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

No período da seca, em que ocorre redução do crescimento da maioria das forrageiras tropicais, é comum o fornecimento de volumoso no cocho. Existem alguns métodos de conservação de forragens, como a fenação e principalmente a ensilagem. Na Tabela 2, encontra-se a composição de silagens comumente utilizadas na suplementação de bovinos leiteiros.

2. ALIMENTOS CONCENTRADOS

São os que possuem menos de 18% de fibra bruta (FB) e podem ser divididos em:

- concentrados energéticos: contêm menos de 20% de proteína bruta (PB). Como exemplo, têm-se: milho, sorgo, trigo, aveia, cevada, frutas, nozes e algumas raízes;
- concentrados proteicos: contêm mais de 20% de PB e têm-se como exemplo os farelos de soja, de amendoim, de girassol, de algodão, glúten de milho e alguns subprodutos de origem animal, tais como a farinha de peixe.

3. SUPLEMENTOS MINERAIS

São fontes de macronutrientes, como cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), cloro (Cl), sódio (Na) e magnésio (Mg), que são expressos em percentagem, e de micronutrientes, como cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), iodo (I) selênio (Se) e zinco (Zn), que são expressos em parte por milhão (ppm) ou miligrama por quilograma (mg/kg). As Tabelas 3 e 4 apresentam algumas fontes de macro e microminerais, respectivamente.

Tabela 3. Fontes de macrominerais (na matéria natural).

Fontes de fósforo	Cálcio (%)	Fósforo (%)			Flúor (%)
		P Total	Coef. Disp.*	P Disponível	
Fosfato bicálcico	24,8	18,5	100	18,5	0,12
Fosfato monocálcico	18,6	20,5	101	20,8	0,63
Fosfato monobicálcico	19,9	18,5	105	19,4	0,18
Fosfato monoamônio	-	24,0	108	25,9	0,23
Fosfato diamônio	-	23,1	125	28,9	-
Fosfato semidefluorizado	28,7	16,7	61	10,2	0,80
Fosfato de rocha de Tapira	34,8	14,9	52	7,7	1,24
Fosfato de rocha de Patos de Minas	20,8	10,6	58	6,1	1,46
Fosfato de rocha de Araxá	25,9	11,6	51	5,9	1,85
Fosfato de rocha de Jacupiranga	33,9	13,0	31	4,0	1,65
Fosfato de rocha Goiasfértil	23,1	16,0	52	8,3	1,95
Farinha de ossos calcinada	32,6	16,3	92	15,0	-
Farinha de ossos autoclavada	24,1	9,3	100	9,3	-
Fontes de cálcio	Cálcio (%)				
Calcário	38,4				
Farinha de ostra	36,7				
Fontes de sódio	Sódio (%)	Cloro (%)			
Sal comum	39,7	59,6			
Bicarbonato de sódio	27,0	0,0			

* Coeficiente de biodisponibilidade do fósforo em relação ao fosfato bicálcico (padrão com 100% de biodisponibilidade) determinado com aves.

Fonte: Rostagno et al. (2000).

Tabela 4. Fontes de micromineirais (na matéria natural).

Fontes de cobalto	Co (%)
Carbonato de cobalto (CoCO_3)	45,0
Sulfato de cobalto ($\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	33,0
Sulfato de cobalto ($\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	20,1
Fontes de cobre	Cu (%)
Carbonato de cobre ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$)	53,0
Óxido de cobre (CuO)	75,0
Sulfato de cobre ($\text{CuSO} \cdot \text{H}_2\text{O}$)	34,5
Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)	25,0
Fontes de ferro	Fe (%)
Carbonato de ferro (FeCO_3)	43,0
Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	30,0
Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	20,1
Fontes de iodo	I (%)
Iodato de cálcio ($\text{Ca(IO}_3)_2$)	62,0
Iodeto de cobre (CuI_2)	66,0
Iodeto de potássio (KIO_3)	59,3
Iodeto de potássio (KI)	76,1
Fontes de manganês	Mn (%)
Carbonato de manganês (MnCO_3)	47,8
Óxido de manganês (MnO)	62,0
Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	31,5
Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)	22,7
Fontes de selênio	Se (%)
Selenato de sódio (Na_2SeO_4)	41,8
Selenito de sódio (Na_2SeO_3)	45,6
Fontes de zinco	Zn (%)
Carbonato de zinco (ZnCO_3)	52,1
Óxido de zinco (ZnO)	73,0
Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	36,4
Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	22,5

Fonte: Rostagno et al. (2000).

4. SUPLEMENTOS VITAMÍNICOS

Constituem misturas de vitaminas que são adicionadas às rações para complementar as deficiências dos alimentos. São pouco utilizados em rações de ruminantes no Brasil.

5. ADITIVOS

Os aditivos entram em pequenas quantidades nas rações e são compostos por antibióticos, corantes, anabolizantes, hormônios, antioxidantes, fungicidas, palatabilizantes, leveduras, tampões e enzimas fibrolíticas.

6. VARIAÇÕES NAS COMPOSIÇÕES DOS ALIMENTOS

Podem ocorrer grandes variações nas composições dos alimentos devido a fatores, tais como:

6.1. Cultivares (variedades)

Pode-se tomar a planta de sorgo como exemplo. Existem cultivares com e sem tanino, outros com açúcares no colmo, enquanto muitos não os possuem. Da mesma maneira, a colza apresenta variedades com diferentes porcentagens de princípios goitrogênicos, e a mandioca apresenta cultivares com e sem ácido cianídrico, dentre outros.

6.2. Armazenamento

As condições de armazenamento podem modificar a composição dos alimentos. Fenos armazenados ao sol perdem mais β -caroteno que os armazenados em condições adequadas. Misturas minerais armazenadas sob condições inadequadas (exposição ao ar, ao sol, à umidade) podem sofrer alterações nas suas composições pela ocorrência de reações químicas.

6.3. Condições do solo

As forrageiras podem apresentar diferentes composições de oxalato de acordo com o local em que são plantadas. Alguns cultivares de mandioca podem ter sua toxidez alterada em função dos locais onde são cultivados.

6.4. Teor de água

A quantidade de água presente nos alimentos alterará a relação e a proporção entre os outros nutrientes. Por exemplo, o milho úmido tem menor concentração energética por unidade de peso que o mesmo milho seco.

6.5. Condições de processamento

As condições de processamento podem alterar a composição dos alimentos. As temperaturas de secagem e/ou de cocção podem danificar a lisina (aminoácido essencial) de muitos alimentos, tais como do farelo de soja e farinhas de origem animal. O método de processamento pode alterar a concentração energética do farelo de algodão, (torta gorda *versus* torta em que o óleo foi extraído por solventes). Nos subprodutos de origem vegetal, a inclusão de cascas, geralmente em níveis superiores aos permitidos pelo Ministério da Agricultura, provoca grandes alterações na composição desses alimentos, que geralmente apresentam menores valores nutritivos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a formulação de dietas bem equilibradas, deve-se, sempre que possível, mandar analisar os alimentos que serão utilizados no balanceamento. Dessa forma, as dietas apresentar-se-ão o mais próximo possível das necessidades da categoria animal em questão e refletirão em desempenhos satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000. 141p.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

CAPÍTULO 2

CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Mariana Magalhães Campos¹, Ana Luiza da Costa Cruz Borges²,
Lúcio Carlos Gonçalves³*

RESUMO

Este capítulo aborda questões relacionadas à utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. Ao longo do texto, são discutidos assuntos como a composição bromatológica da cana-de-açúcar, a escolha da variedade adequada, o consumo voluntário, a digestibilidade, o desempenho animal e a utilização de cana-de-açúcar hidrolisada. O objetivo desse capítulo é apresentar as vantagens e as limitações do uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). A produção brasileira na safra 2009 está estimada em 674,779 milhões de toneladas, superior em 3,3% à da safra anterior, que foi de 653,302 milhões de toneladas. A produtividade média está prevista para 70.391kg/ha. O respectivo crescimento ocorreu em função da expansão de 172 mil hectares (1,8%) na área plantada e de 996kg/ha (1,4%) na produtividade média (Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB, 2009).

A cana-de-açúcar tem várias características que justificam sua utilização na alimentação de ruminantes, dentre elas: o alto teor de sacarose, o moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a alta produção de matéria seca por unidade de área mesmo com baixa frequência de cortes, a simplicidade do cultivo agrônomo, a relativa resistência a pragas e doenças, a facilidade de compra e venda, o caráter semiperene, além de ser uma cultura tradicional entre os produtores rurais brasileiros.

O fato de atingir o máximo valor nutritivo durante o período seco do ano, quando a disponibilidade de forragem é baixa, tem impulsionado sua divulgação como forrageira adequada para cultivo em fazendas que utilizam pastagens e que visam minimizar o uso de tempo e capital em práticas de ensilagem.

¹ Médica Veterinária, DSc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. marimcampos@gmail.com.br

² Médica Veterinária, DSc. Profª. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. analuiza@vet.ufmg.br

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

A cana-de-açúcar, como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal.

Uma das principais limitações da cana-de-açúcar nos experimentos de desempenho animal é o baixo consumo de matéria seca e de nutrientes. Sendo assim, a cana-de-açúcar tem sido correlacionada negativamente à ingestão de matéria seca não apenas pela fração indigestível da fibra mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de repleção ruminal.

Os carboidratos estruturais da cana-de-açúcar são fonte potencial de energia de baixo custo para ruminantes. No entanto, seu potencial como fonte de energia é limitado devido à sua baixa digestibilidade e taxa de degradação e conseqüente baixo consumo voluntário. Este fato está relacionado, principalmente, com a estrutura da parede celular que protege os nutrientes da digestão microbiana no rúmen.

1. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

A cana-de-açúcar, como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Leng, 1988).

Na Tabela 1, encontra-se a composição bromatológica da cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

Tabela 1. Composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), em porcentagem da matéria seca.

Nutrientes	%
Matéria seca	28,45*
Proteína bruta	2,74
Extrato etéreo	1,55
Matéria mineral	3,10
Carboidratos totais	92,76
Carboidratos solúveis	42,83
Fibra em detergente neutro	57,68
Fibra em detergente ácido	34,02
Hemicelulose	21,22
Celulose	26,44
Lignina	7,75
Extrato não nitrogenado	69,09
Nutrientes digestíveis totais	62,70

* Porcentagem na matéria natural.

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

De maneira geral, o valor nutritivo das gramíneas diminui com o avançar do estágio de maturação. No entanto, o valor nutritivo da cana-de-açúcar aumenta com a maturidade, conforme pode ser visto na Figura 1. Com o avançar da idade da cana-de-açúcar, ocorrem decréscimos nos teores de proteína bruta (PB) e aumento nos teores de matéria seca (MS) e de carboidratos não fibrosos (CNF), sendo este último resultado do acúmulo de sacarose. Ocorre queda na digestibilidade da FDN com o avanço da idade, mas o aumento de CNF, representado na Figura 1 pelo conteúdo celular, supera esta queda, fazendo com que haja aumento na digestibilidade da matéria orgânica (MO) com o avanço da idade da planta. Essa característica resulta em importante vantagem para a alimentação animal, particularmente no período seco e frio do ano, época em que seu valor energético é máximo, enquanto o de outras gramíneas forrageiras atinge seus limites mínimos (Gooding, 1982).

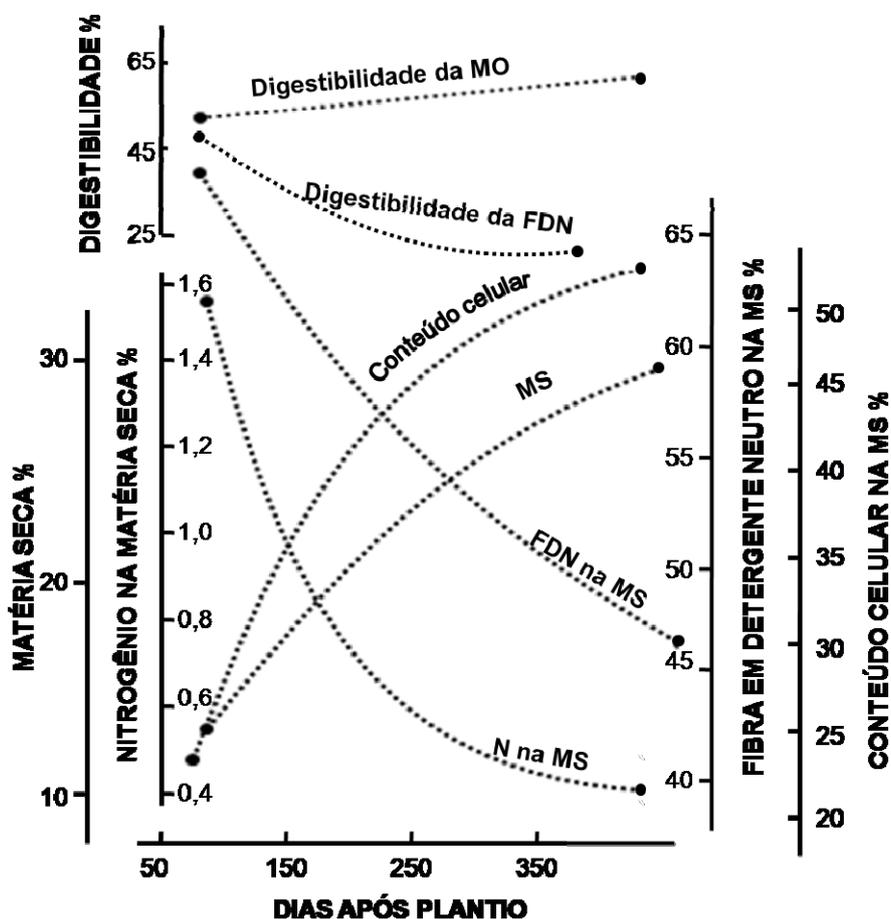


Figura 1. Composição e digestibilidade da cana-de-açúcar segundo a idade da planta. Fonte: Pate (1977).

Fernandes et al. (2003), considerando intervalos de quatro meses entre cortes da cana, verificaram que as diferenças nos teores de FDN e fibra insolúvel em detergente

ácido (FDA) foram relativamente pequenas, o que evidencia a capacidade desse volumoso em manter constante o seu valor nutritivo ao longo do tempo, contrariamente ao que ocorre com a maioria das espécies forrageiras tropicais.

Dietas que utilizam cana-de-açúcar como volumoso necessitam de maior inclusão de concentrados proteicos para suprir as exigências dos animais, pois a cana apresenta baixo teor de proteína (Corrêa, 2001).

O baixo teor de fósforo da cana-de-açúcar é outra limitação dessa forrageira, sendo de fundamental importância uma suplementação mineral adequada para suprir as exigências nutricionais dos animais.

2. ESCOLHA DA VARIEDADE

Nos últimos dez anos, as pesquisas com melhoramento genético da cana-de-açúcar colocaram no mercado mais de cinquenta variedades de expressivo potencial produtivo. Entretanto, a maioria das propriedades rurais que utiliza a cana-de-açúcar na dieta dos animais não tem tido acesso às variedades melhoradas, devido à pouca disponibilidade desses materiais e, principalmente, porque essas variedades ainda não foram introduzidas e testadas nesses locais (Macedo et al., 2006).

As variedades mais promissoras para alimentação de bovinos são as que apresentam menores teores de FDN, maiores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), relações FDN/Pol (Pol - teor de sacarose) menores que 2,7 e baixos teores de lignina. Considerando-se que é característica da espécie o baixo conteúdo nitrogenado, o teor de PB não é critério para escolha de variedades (Costa et al., 2003; Rodrigues et al., 2005, 2006).

Carvalho (1992), avaliando cinco variedades de cana-de-açúcar em cinco épocas de colheita, encontrou correlação entre a DIVMS e o teor de FDN de $-0,88$, e Rodrigues et al. (2001), avaliando 18 variedades, encontraram correlação de $-0,90$. Costa et al. (2003), avaliando 12 cultivares, verificaram que a FDN nos colmos variou de 33,6 a 47,8% da MS, e o teor de CNF variou de 49,4 a 61,0%, sendo que as canas com alto teor de FDN apresentavam baixa concentração de CNF ($r = -0,96$).

Rodrigues et al. (2005), avaliando 10 variedades de cana-de-açúcar, verificaram diferença acentuada nos teores de FDN, que variaram de 41,1 a 48,3%. Considerando-se que a capacidade de ingestão total de fibra pelo animal é limitada, uma variedade que apresenta teor de FDN elevado limitará a ingestão de cana-de-açúcar, e, conseqüentemente, o consumo de energia poderá ser insuficiente para atender as exigências nutricionais do animal, afetando seu desempenho.

Rodrigues et al. (2006) encontraram diferença entre as variedades estudadas para o teor de lignina, que variou de 2,9 a 4,1% da MS. Esta variável, que faz parte da FDN, tem alta correlação negativa com a digestibilidade, além de o aumento no teor de FDN

na planta estar associado ao espessamento da parede celular, o que reduz a área disponível ao ataque microbiano no rúmen.

A relação FDN/Pol pode servir de indicador para a escolha de variedades de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. Rodrigues et al. (2001) observaram que quanto menor a relação FDN/açúcares, maior será a DIVMS.

Azevêdo et al. (2003), avaliando a divergência nutricional de 15 variedades de cana-de-açúcar, verificaram que os teores de hemicelulose, de lignina e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN explicaram 87,8% da variação total do banco de dados utilizados em seu estudo.

Teixeira (2004) procurou definir que características da planta seriam mais correlacionadas ao valor nutritivo da cana-de-açúcar. Dentre as características agrônômicas e bromatológicas avaliadas, a porcentagem de fibra (FDN ou FDA) foi a mais correlacionada com a degradabilidade da MS. Segundo o autor, a característica mais importante na cana-de-açúcar de alto valor nutritivo é ter baixa porcentagem de fibra na MS. A segunda mais importante é o comprimento dos colmos. Canas de alta digestibilidade têm colmos mais curtos, além de baixa porcentagem de FDA. Entretanto, selecionar canas com colmos curtos para obter ganho em digestibilidade levaria à perda na produção de MS por hectare, o que faz pouco sentido. A terceira característica seria selecionar variedades com maior porcentagem de colmos, ou seja, baixa proporção de palhas e folhas, uma vez que a sacarose, de alta digestibilidade, está contida nos colmos, enquanto as folhas são ricas em fibra de baixa digestibilidade. Ainda neste trabalho de Teixeira (2004), entre as três características mais correlacionadas ao valor nutritivo, a porcentagem de colmos foi a de maior herdabilidade ($h^2=63,1\%$), enquanto as características comprimento dos colmos e porcentagem de FDA apresentaram menor herdabilidade, que foram de 41,4 e 19,5%, respectivamente.

Fernandes et al. (2003) avaliaram variedades de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) e três idades de corte. Os autores observaram que variedades com ciclo de produção intermediário apresentaram uma produção 8,66% maior que as precoces. As variedades de cana-de-açúcar precoces apresentaram maiores teores de FDN e FDA do que as de ciclo intermediário, uma vez que as primeiras atingem a maturidade mais cedo, culminando com mais rápido desenvolvimento das estruturas de sustentação, que são representadas pelos polissacarídeos da parede celular vegetal. Este fato torna as variedades de maturação intermediária mais apropriadas ao consumo pelos animais, devido à negativa relação entre os teores de FDN e de FDA dos alimentos e seu valor nutricional. Houve aumento linear do percentual dos nutrientes digestíveis totais (NDT) com o avanço na idade de corte, justificado pelo aumento linear do teor de MS e o aumento do teor de sólidos solúveis (brix).

Outra característica que deve ser avaliada para escolha das variedades é a maior capacidade de desfolha natural ou fácil, pois permite maior eficiência no processo de

corde, moagem, além de reduzir a oferta de material de baixo valor nutricional ao rebanho (Macêdo et al., 2006).

3. CONSUMO VOLUNTÁRIO

Costa et al. (2005), comparando tratamentos com a mesma relação volumoso:concentrado (V:C de 60:40) entre cana-de-açúcar e silagem de milho, encontraram consumo 22,51% superior para a dieta contendo silagem de milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2003) e Magalhães et al. (2004), que observaram aumento de 15% no consumo em dietas à base de silagem de milho quando comparadas com aquelas baseadas em cana-de-açúcar. Corrêa et al. (2003), da mesma forma, verificaram o aumento de 6,52%. No entanto, Valvasori et al. (2002) não observaram diferenças no consumo de MS e PB com o aumento dos níveis de cana-de-açúcar nas dietas em substituição à silagem de milho.

Mendonça et al. (2004b) avaliaram dietas com silagem de milho ou com cana-de-açúcar em vacas Holandesas e observaram consumo 21,2% maior para as dietas à base de silagem de milho, ambas com relação V:C de 60:40. Os autores verificaram que a redução para 0,35% na quantidade de ureia mais sulfato de amônio adicionado à cana-de-açúcar em relação à recomendação tradicional de 1% e a modificação da relação V:C de 60:40 para 50:50 não foram suficientes para aumentar o consumo de dietas com cana-de-açúcar.

Costa et al. (2005) compararam o consumo de matéria seca (CMS) entre três dietas com cana-de-açúcar corrigida com 1% da mistura ureia e sulfato de amônio (9:1) como volumoso único, nas proporções 60, 50 e 40% de inclusão (V:C de 60:40, 50:50, 40:60, respectivamente) e uma dieta com silagem de milho na proporção de 60%. O consumo foi menor no nível de inclusão de 60% de cana-de-açúcar, intermediário no de 50% e maior no de 40%. O CMS do tratamento com 40% de inclusão de cana-de-açúcar foi semelhante ao obtido com a dieta à base de silagem de milho na proporção de 60%.

Mendonça et al. (2004a) avaliaram o comportamento ingestivo de vacas leiteiras recebendo dietas contendo silagem de milho (V:C de 60:40) ou cana-de-açúcar (V:C de 60:40 ou 50:50). As vacas alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar apresentaram maior tempo despendido em ócio, menor CMS, e a eficiência de ruminação, quando expressa em g de FDN/h, também foi menor.

Magalhães et al. (2006), trabalhando com cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação, verificaram que a cana-de-açúcar apresentou elevada proporção de fibra indigestível em comparação à silagem de milho, uma vez que o coeficiente de digestibilidade da FDN para a dieta com 100% de cana-de-açúcar correspondeu a apenas 45,35% do valor obtido para a dieta com 100% de silagem de milho. A baixa digestão da FDN da cana-de-açúcar pode ter apresentado efeito de repleção ruminal e, conseqüentemente, ter limitado a ingestão

de MS. Os autores também observaram que a taxa de passagem ruminal (TPR) decresceu enquanto o tempo médio de retenção total da digesta (TMRT) aumentou linearmente, estimando-se redução de 0,0057 unidades na TPR e aumento de 0,00375 unidades para o TMRT, respectivamente, por unidade percentual de cana-de-açúcar acrescentada às dietas.

A taxa na qual a digesta se move ao longo do trato gastrintestinal (TGI), a taxa de fermentação do alimento e a quantidade de MS consumida são os principais fatores que estabelecem a proporção em que determinado nutriente será digerido, absorvido e utilizado pelo animal (Magalhães et al., 2006).

4. DIGESTIBILIDADE

Segundo Andrade (1999), não foi encontrada diferença significativa na digestibilidade da matéria orgânica (DMO) entre dietas com cana-de-açúcar (67,82%) e silagem de milho (67,59%). A baixa digestibilidade da FDN nas dietas com cana-de-açúcar (22,49%) foi compensada pela alta DMO da fração não fibrosa (87,58%) desta. A sacarose da cana foi aparentemente mais digestível que o amido da silagem. Resultado semelhante foi encontrado por Magalhães (2001), que também não encontrou diferenças na digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), na digestibilidade aparente da matéria orgânica (DAMO), na digestibilidade aparente da proteína bruta (DAPB) e na digestibilidade aparente (DA) dos carboidratos totais (CHO), quando comparou diferentes níveis de substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar. Houve decréscimo linear na digestibilidade da FDN com o incremento da inclusão de cana-de-açúcar na dieta. Provavelmente tal fato ocorreu em virtude do maior teor de lignina presente nas dietas à base de cana-de-açúcar (Mendonça et al., 2004b). Costa et al. (2005) também não encontraram diferença na digestibilidade da matéria seca (DMS) e na DMO entre dietas com silagem de milho ou cana-de-açúcar.

Vilela et al. (2003) avaliaram diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana-de-açúcar. As dietas eram isoproteicas, e os tratamentos com maior inclusão de ureia, que foram o de cana-de-açúcar mais ureia (CAU) e o de cana-de-açúcar, milho grão e ureia (CMM), apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e de digestibilidade dos carboidratos (DCHO). Segundo os autores, o menor consumo nas dietas CAU e CMM, provavelmente provocado pelo maior tempo de retenção no rúmen, pode ter aumentado a digestão dos nutrientes neste compartimento. As rações CAU e CMM foram as que apresentaram as quantidades de ureia mais elevadas (3,52 e 3,22% na MS, respectivamente). A baixa palatabilidade da ureia pode ter contribuído para obtenção de menores ingestões de MS nestes tratamentos.

Na Tabela 2, estão resumidos os resultados de diversos trabalhos mostrando digestibilidade da MS e da FDN de dietas com cana-de-açúcar como volumoso único, sendo a baixa DFDN uma das limitações da cana-de-açúcar na dieta de ruminantes.

Tabela 2. Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com cana-de-açúcar como volumoso único e diferentes suplementos.

Suplementos	DMS	DFDN	Animal	Fonte
Milho grão, far. algodão	77,0%	-	Vacas	Biondi et al., 1978
Milho grão, far. algodão	62,0%	37,0%	Garrotes	Pate, 1981
Milho grão, ureia, far. soja	66,0%	53,0%	Novilhas	Manzano et al., 1993
Far. algodão, ureia	71,5%	66,6%	Vacas	Aroeira et al., 1995
Ureia, far. algodão	65,4%	47,7%	Vacas	Ludovico e Mattos, 1997
Milho grão, far. soja ¹	70,9%	54,4%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Milho grão, far. soja ²	67,8%	37,0%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Milho grão, far. soja ³	66,3%	36,9%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Far. soja	69,9%	55,4%	Vacas	Stacchini, 1998
Milho grão, far. soja	61,9%	22,5%	Novilhas	Andrade, 1999
Milho grão, glúten milho, far. soja	61,4%	23,1%	Vacas	Corrêa, 2001
Milho grão, far. soja, glúten milho, ureia	73,3%	54,9%	Novilhas	Gallo, 2001
Far. soja, milho grão, ureia	73,0%	53,6%	Vacas	Valvasori et al., 2002
Ureia	64,8%	49,7%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, far. algodão	63,0%	40,2%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, milho grão	70,5%	53,6%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, far. trigo	65,4%	46,2%	Vacas	Vilela et al., 2003
Milho grão, far. soja, far. algodão, ureia	67,9%	31,0%	Vacas	Mendonça et al., 2004b
Milho grão, far. soja, far. algodão, far. trigo, ureia	66,7%	35,0%	Vacas	Costa et al., 2005

1 = cana-de-açúcar variedade CO413, 2 = cana-de-açúcar variedade RB72454, 3 = Cana-de-açúcar variedade RB806043.

Fonte: Hernandez et al. (1997); Corrêa (2001); Gallo (2001); Valvasori et al. (2002); Vilela et al. (2003); Mendonça et al. (2004b); Costa et al. (2005).

5. DESEMPENHO ANIMAL

5.1. Novilhas leiteiras

Andrade (1999) avaliou o fornecimento de dietas isoproteicas contendo 320g de FDN oriundas de cana-de-açúcar ou silagem de milho para novilhas Holandesas. O consumo de concentrado foi de 3kg/animal/dia. O ganho de peso diário foi 1.175g no tratamento com silagem de milho e 1.009g no tratamento com cana-de-açúcar. Segundo o autor, o menor desempenho animal com cana-de-açúcar foi resultado da menor ingestão diária de energia devido à queda no CMS. Entretanto, mesmo levando a um menor desempenho animal, a cana-de-açúcar, segundo o autor, é alternativa viável para a recria de animais Holandeses, já que ganhos de peso em torno de 750g/dia seriam suficientes para obtenção de primeiro parto aos 24 meses de idade, com peso vivo ao redor de 500 a 550kg.

Gallo (2001) conduziu experimento para determinar o teor máximo permitido de cana-de-açúcar na dieta de novilhas Holandesas que não deprimiria o ganho diário de peso. As dietas eram isoproteicas e continham 62; 70 ou 78% de cana-de-açúcar na MS. O CMS caiu linearmente com a maior inclusão de cana-de-açúcar na dieta, 7,4; 6,8; 6,6kg, respectivamente. Não houve diferença nos ganhos de peso diários, que foram

1.002; 979; 951g/dia, respectivamente, com o aumento da inclusão da cana-de-açúcar.

Espinoza et al. (2006), trabalhando com novilhas Holandês x Brahman, avaliaram a suplementação ou não com cana-de-açúcar por três meses antes do parto. O tratamento 1 (T1) era composto de pasto mais 1,5kg / cabeça / dia de concentrado e o tratamento 2 (T2) pelos mesmos ingredientes do T1 mais 4kg de cana-de-açúcar / dia com a adição de 4% de ureia. A média de produção de leite por animal foi de 6 e 8L/dia para T1 e T2, respectivamente, com produção por lactação superior em 28% (1.269 para T1 e 1.634 litros para T2) para os animais que receberam cana-de-açúcar. É provável que as primíparas do T2 obtiveram maior produção de leite como consequência do maior ganho de peso desde o sétimo mês de gestação até o momento do parto (669 vs. 956g/animal/dia). A suplementação promoveu melhor condição corporal dos animais ao parto e diminuição do intervalo entre partos (454 vs. 347 dias).

5.2. Vacas em lactação

Para se alcançar máxima receita sobre custos com alimentação, devem-se formular dietas que sejam consumidas em grandes quantidades e contenham elevados níveis de nutrientes utilizáveis, assegurando, assim, produção e condição corporal satisfatórias (Magalhães et al., 2004).

Corrêa (2001), trabalhando com vacas Holandesas de alta produção, comparou dietas com silagem de milho ou cana-de-açúcar como volumoso único e encontrou produção diária de leite 2,5kg inferior no tratamento com cana-de-açúcar. Costa et al. (2005), por sua vez, encontraram redução de 2,79kg. Mendonça et al. (2004b) também observaram que a produção de leite para as dietas à base de cana-de-açúcar como volumoso, independente do nível de ureia ou da relação V:C, foi 2,77kg menor que a dieta à base de silagem de milho. A menor produção de leite para as dietas com maior participação de cana-de-açúcar pode ser explicada pelo menor CMS, o que resulta em menor consumo de nutrientes.

Magalhães (2001), avaliando o efeito de quatro níveis de substituição (0; 33; 66; 100%) da silagem de milho por cana-de-açúcar em dietas para vacas produzindo 24kg de leite por dia, verificou que a produção decresceu linearmente com o aumento nos níveis de substituição da silagem de milho, o que pode ser explicado pela redução nos consumos de MS, PB e NDT. Os animais que consumiram dietas com 0; 33,3; 66,6 e 100% de cana-de-açúcar como volumoso apresentaram variação de peso corporal de 0,89; 0,49; -0,16 e -0,53kg/dia, respectivamente. Segundo o autor, a resposta ao uso da cana-de-açúcar para vacas leiteiras não está apenas na produção de leite, devendo-se observar também a condição corporal dos animais ao longo da lactação. Após realizar a análise dos dados produtivos e a análise econômica, o autor concluiu que o nível de 33% de substituição foi técnica e economicamente recomendável.

Rangel et al. (2005) avaliaram o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com quatro tratamentos isoproteicos que utilizaram como volumoso cana-de-açúcar adicionada de farelo de soja ou 0,4; 0,8; 1,2% de mistura ureia e sulfato de amônio (9:1). Não houve diferença para a produção de leite, que foi em torno de 20kg por animal, quando se comparou farelo de soja com a ureia nos diferentes níveis. No entanto, ocorreu efeito linear crescente na produção de leite para o aumento dos níveis de ureia. Os autores recomendaram o nível de 1,2% da mistura ureia mais sulfato de amônio (9:1) para a correção nitrogenada da cana-de-açúcar.

Vilela et al. (2003) avaliaram diferentes suplementos, ureia (CAU), milho moído (CMM), farelo de algodão (CFA) e farelo de trigo (CFT) para vacas mestiças em lactação, com produção de leite média de 7kg por animal/dia, alimentadas com cana-de-açúcar. A produção de leite do tratamento CFT foi maior que do CAU, não havendo diferença entre os demais tratamentos. Neste estudo, foi verificada perda de peso de 0,8; 0,2 e 0,6 e ganho de 0,1kg/dia, respectivamente, para os tratamentos CAU, CFA, CMM e CFT. A eficiência alimentar foi superior para os tratamentos CAU e CMM em relação ao CFA. Isso ocorreu devido às maiores perdas de peso nos tratamentos CAU e CMM. Segundo os autores, para vacas mestiças de baixo potencial de produção, a suplementação que apresentou os melhores resultados, baseados na produção e composição do leite, CMS, digestibilidade dos nutrientes e eficiência alimentar, foi com farelo de trigo.

Existe atualmente uma preocupação na avaliação dos alimentos para produção de maiores teores de sólidos do leite devido ao pagamento diferenciado já adotado por alguns laticínios brasileiros. No entanto, Souza (2003), Magalhães et al. (2004), Mendonça et al. (2004b) e Costa et al. (2005), em trabalhos avaliando cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho, não encontraram diferenças na composição de leite.

5.3. Bovinos de corte

Silva et al. (2006), trabalhando com novilhos mestiços da raça Nelore confinados, avaliaram diferentes níveis de inclusão de concentrado em dietas com cana-de-açúcar (V:C de 60:40; 40:60; 20:80). O aumento da inclusão de concentrado na dieta promoveu incremento energético na MS, além de proporcionar maior CMS e maior ganho em peso total. Os animais que receberam 60% de concentrado na dieta total apresentaram maior CMS; aqueles que receberam 80% de concentrado apresentaram maior ganho em peso vivo total.

Macitelli et al. (2005) avaliaram a utilização de diferentes fontes proteicas e de volumosos (cana-de-açúcar, silagem de milho e pastagem de capim-*brachiaria brizantha*) em novilhos Holandês x Zebu na biometria da carcaça, peso de vísceras e de órgãos internos. Não houve interação significativa entre volumoso e fontes proteicas e também não houve diferença entre as fontes proteicas para os parâmetros estudados. Para os volumosos, os pesos, em porcentagem do peso do corpo vazio (%PCV), do conteúdo estomacal e do conteúdo gastrintestinal, foram

significativamente maiores para os animais alimentados com cana-de-açúcar (7,52 e 8,59% PCV, respectivamente). Os animais mantidos em pastagem não apresentaram diferença na avaliação de carcaça compacta em relação aos animais alimentados com os outros volumosos, enquanto os alimentados com cana-de-açúcar tiveram carcaça menos compacta que os tratados com silagem de milho.

Vaz e Restle (2005) estudaram as características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento, alimentados com dietas isoproteicas contendo 33% de concentrado e 67% de cana-de-açúcar ou silagem de milho. Não houve diferença entre tratamentos para rendimento de carcaça fria, quebra durante o resfriamento, porcentagem de cortes comerciais da carcaça, conformação da carcaça, espessura de gordura de cobertura, área de *Longissimus dorsi*, porcentagem de músculos e osso na carcaça, cor, textura, marmoreio, força de cisalhamento, maciez e quebra na cocção da carne.

Hernandez et al. (1996) avaliaram o ganho de peso, a ingestão de nutrientes e a conversão alimentar em animais 1/2 Canchim/Nelore e 3/4 Canchim/Nelore utilizando três variedades de cana-de-açúcar. As variedades RB 806043, RB 72454 e CO 413 apresentaram teores de fibra bruta, respectivamente, de 14,78; 19,09; 23,71%. A dieta contendo a variedade RB 806043 proporcionou ganho de peso superior (1,81kg/cab/dia) em relação às demais rações, que apresentaram ganhos de 1,75 e 1,52kg/cab/dia para as dietas com as variedades RB 72454 e CO 413, respectivamente. Não houve diferença entre as conversões alimentares. Os animais que receberam dieta com a variedade CO 413 apresentaram menor ingestão de matéria seca (7,94kg MS/dia) que os animais que receberam RB 806043 e RB 72454 (9,17 e 9,20kg MS/dia, respectivamente).

6. UTILIZAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA

Existem estudos que demonstram que o tratamento de materiais fibrosos com álcali, como a cal micropulverizada, aumenta sua digestibilidade. O fenômeno mais associado com o tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial das hemiceluloses, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose. Ou seja, são rompidas ligações na fração fibrosa da cana, que levam ao aumento da sua digestibilidade.

A justificativa para emprego de álcali reside no fato de a lignina das gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dessa base, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994).

De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico. Então, o aumento na extensão da digestão da celulose e das hemiceluloses é, provavelmente, devido à quebra das ligações com a lignina, sem

atuar na sua remoção, melhorando a digestibilidade da fibra pelo aumento na solubilidade das hemiceluloses e na disponibilidade da celulose e das hemiceluloses.

Os aumentos na digestibilidade de volumosos tratados com produtos alcalinos normalmente estão relacionados ao aumento de consumo e do desempenho dos animais, sendo que, às vezes, os resultados de desempenho são semelhantes aos de dietas de melhor qualidade.

O tratamento alcalino, quando influencia positivamente a digestibilidade das frações fibrosas, proporciona melhor aproveitamento da fibra da dieta, disponibilizando mais energia para crescimento microbiano e elevando o aporte de proteína para o intestino.

Mota et al. (2007) estudaram a adição ou não de 0,5% de cal virgem ou de cal hidratada na cana-de-açúcar. Independente da cal utilizada, os autores verificaram redução nos teores de FDN da cana-de-açúcar de 45% para 40,5%. Não houve alteração nos teores de MS e de fibra em detergente ácido (FDA).

Balieiro Neto et al. (2006), utilizando 1% de cal virgem na cana-de-açúcar, observaram redução do teor de FDN de 55,48 para 49,30% e de FDA de 43,96 para 33,55%. Houve aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 62 para 70%, 24 horas após aplicação do produto.

Oliveira et al. (2006) determinaram a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, da FDN e da FDA da variedade IAC86-2480 de cana-de-açúcar com adição de zero e 0,5% de cal, durante três e seis horas e com duas formas de aplicação (solução ou pó). A hidrólise com 0,5% de cal hidratada (72% de óxido de cálcio total) proporcionou aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, na da FDN e na da FDA da cana-de-açúcar. Oliveira et al. (2006) avaliaram a composição bromatológica dos tratamentos. A hidrólise com cal não afetou o teor de FDA. Porém, a ação alcalinizante e ao mesmo tempo hidrolisante da cal foi observada reduzindo os teores de FDN e de hemiceluloses em comparação com a cana-de-açúcar não tratada.

Santos et al. (2006) avaliaram a composição da fração fibrosa da cana-de-açúcar tratada com 0; 0,5; 1,0; e 1,5% de CaO diluído em 40 litros/t de matéria verde (MV) ou aplicado a seco. A cal foi efetiva em alterar a composição da parede celular, não havendo efeito do modo de aplicação do produto. Os melhores resultados foram observados com a dose de 1,5% de CaO sobre as hemiceluloses.

Independente da forma de aplicação, solução ou pó, Oliveira et al. (2006) verificaram que a hidrólise da cana-de-açúcar, com o nível de 0,5% de cal, mostrou-se mais efetiva do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados. Isto é interessante para o produtor, que não precisa de equipamentos para a mistura da cal com a água. Entretanto, os autores ressaltaram que a aplicação a seco em grandes quantidades de cana-de-açúcar picada torna-se limitada, quando feita manualmente (Oliveira et al., 2006).

Chaudhry (1998) avaliou a digestibilidade *in vitro* da MS da palha de trigo tratada com cal virgem ou hidróxido de sódio (NaOH) e observou incremento similar na DIVMS quando comparada com a palhada não tratada. No entanto, o autor alertou para o fato de a cal virgem ser produto químico de reação lenta, com solubilidade menor que 1%, sendo necessário tempo maior de reação para apresentar os mesmos efeitos do NaOH.

Quando se adiciona cal na cana-de-açúcar, deve-se esperar aumento no teor de matéria mineral e, conseqüentemente, diminuição no teor de matéria orgânica (MO), ou seja, de fonte de energia. Devido a este aspecto, deve-se atentar para a formulação da ração a fim de se proporcionar uma dieta equilibrada em minerais, especialmente em relação ao cálcio e ao fósforo. É preciso avaliar a biodisponibilidade do cálcio, assim como o próprio teor que a cana-de-açúcar apresenta na sua composição, além dos requerimentos nutricionais, de acordo com a categoria e a espécie animal. A cana-de-açúcar apresenta quantidade considerável de cálcio, porém a quantidade de fósforo é muito baixa.

Uma limitação da utilização da cana-de-açúcar é a necessidade de corte diário. Os agentes alcalinizantes, como a cal virgem e a cal hidratada, também vêm sendo utilizados com o intuito de manter as qualidades nutritivas deste volumoso por alguns dias sem a necessidade de cortes diários, o que pode facilitar o manejo diário e de finais de semana. Mota et al. (2007) avaliaram a adição de 0,5% de cal na cana-de-açúcar e diferentes tempos de hidrólise (12, 36 e 60h). Os autores não verificaram diferença nos teores de MS, FDN e FDA nos diferentes tempos de hidrólise. Sendo assim, os autores concluíram que a adição de 0,5% de cal mantém as características bromatológicas por até 60 horas após o início do tratamento.

Ao se adicionar cal à cana-de-açúcar, ocorre alteração imediata de coloração da cana, que passa de esbranquiçada para uma coloração amarelada. Essa mudança imediata de coloração auxilia na verificação da homogeneização da cana-de-açúcar com a cal.

Apesar dos bons resultados obtidos nas avaliações feitas por técnicas *in vitro*, os poucos resultados da literatura de ensaios com animais não vêm repetindo a mesma tendência.

Em um trabalho com novilhas mestiças, avaliou-se o efeito da cana-de-açúcar com zero ou 1,0% de cal virgem na base da matéria natural (MN) com três níveis de oferta de concentrado (0; 0,5 e 1,0% do peso vivo). O ganho médio diário e o peso vivo final dos animais não foram aumentados pelo tratamento da cana-de-açúcar com cal virgem (Moraes et al., 2007).

Moraes et al. (2007) verificaram que a adição de 1,0% de cal virgem na cana-de-açúcar fornecida após 24h de armazenamento prejudicou o consumo dos nutrientes, com exceção do consumo de FDN, que não se alterou. Os autores sugeriram que a queda no consumo de MS pode ser devido à alta temperatura da cana com cal virgem e ao pH alcalino, que podem ter prejudicado a palatabilidade e limitado o consumo.

Campos (2007), comparando a cana-de-açúcar pura e a cana-de-açúcar com adição de 0,6% de cal virgem 24 horas após o tratamento, observou aumento da temperatura de 25 para 40°C e do pH de 5,4 para 6,8.

Esse mesmo autor, avaliando dietas de cana-de-açúcar pura ou com 0,6% de cal virgem na base da MN, com diferentes níveis de inclusão de ureia em ovinos, verificou que não houve diferença no consumo de MS, na digestibilidade da MS e da FDN com a adição de cal virgem.

Outra característica do tratamento com cal é a redução do número de abelhas na cana-de-açúcar. Esse fato já foi relatado por produtores rurais e recentemente foi observado em experimento desenvolvido pela Escola de Veterinária da UFMG em parceria com a Embrapa Gado de Leite (Campos, dados não publicados).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cana-de-açúcar pode ser utilizada na nutrição de bovinos obtendo-se bons resultados de desempenho.

Para a tomada de decisão de quando utilizar as dietas com cana-de-açúcar, é necessário avaliar produção de matéria seca por hectare, desempenho dos animais, categoria animal, consumo de matéria seca, variação de peso, digestibilidade dos nutrientes, degradação dos nutrientes, taxa de passagem, eficiência alimentar e viabilidade econômica.

Para se avaliar quais as melhores condições para o tratamento da cana-de-açúcar com cal micropulverizada, como tempo de hidrólise, concentração de cal, forma de aplicação sobre o desempenho animal, sobre a digestibilidade, taxa de passagem e consumo de matéria seca, são necessários mais estudos antes da indicação de uso em fazendas comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.A.F. *Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com cana-de-açúcar como volumoso único*. 1999. 56f Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M.S. et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais ureia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.24, p.1016-1026, 1995.

AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1431-1442, 2003.

BALIEIRO NETO, G.; LIMA, M.L.P.; REIS, R.A. et al. Determinação da degradabilidade ruminal *in situ* com amostras secas ou úmidas de duas variedades de cana-de-açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N. et al. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. *Bol. Ind. Anim.*, v.35, p.45-55, 1978.

CAMPOS, M.M. *Valor nutritivo da cana-de-açúcar adicionada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de ureia em ovinos*. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

CARVALHO, G. J. *Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte*. 1992. 75f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, MG.

CHAUDHRY, A.S. In vitro and in sacco digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.74, p.299-311, 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Brasília: CONAB, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 10 mai 2009.

CORRÊA, C.E.S. *Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas Holandesas*. 2001. 102f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G. et al. Performance of holstein cows fed sugar cane or corn silages of different grain textures. *Scient. Agric.*, v.60, p.621-629, 2003.

COSTA, G.C.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.2437-2445, 2005.

COSTA, H.N.; PEREIRA, M.N.; MELO, R.P. et al. Effect of the rumen environment on ruminal in situ degradability of sugarcane. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9, 2003, Porto Alegre, RS. *Proceedings...* Porto Alegre: UFRGS, 2003.

ESPINOZA, F.; ARGENTI, P.; CARRILLO, C. et al. Strategic use of sugar cane (*Saccharum officinarum*) in dual purpose pregnant heifers. *Zootec. Trop.*, v.24, p.95-107, 2006.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.977-985, 2003.

GALLO, P.C.S. *Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com teores dietéticos crescentes de cana-de-açúcar*. 2001. 40f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOODING, E.G.B. Efeito de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. *Trop. Anim. Prod.*, v.7, p.76-97, 1982.

HERNANDEZ, M.R.; SAMPAIO, A.A.M.; OLIVEIRA, M.D.S. et al. Avaliação de variedades de cana-de-açúcar através do estudo de digestibilidade aparente com bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, MG. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.443-445.

HERNANDEZ, M.R.; SAMPAIO, A.A.M.; TOSI, G.M. et al. Avaliação de variedades de cana-de-açúcar através do estudo de desempenho com bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ, 1996. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/eventos/Fortaleza/Nutrumi/>>. Acessado em: 10 set. 2006.

KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. *Upgrading residues and products for animals*. Boca Raton, FL: CRC press, 1980. p.40-60.

LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cana de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALRS, M. (Ed.). *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales*. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.

LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. Avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypum hirsutum* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, p.403-410, 1997.

MACÊDO, G.A.R.; VIANA, M.C.M.; OLIVEIRA, J.S. Características agrônômicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.

MACITELLI, F.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R. N. et al. Biometria da carcaça e peso de vísceras e de órgãos internos de bovinos mestiços alimentados com diferentes volumosos e fontes proteicas. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.34, p.1751-1762, 2005.

MAGALHÃES, A.L.R. *Cana-de-açúcar (Saccharum officinarum) em substituição à silagem de milho (Zea mays) em dietas para vacas em lactação*. 2001. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.35, p.591-599, 2006.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.1292-1302, 2004.

MANZANO, A.; BARBOSA, P.F.; ALENCAR, M.M. et al. Influência da suplementação sobre o peso à puberdade e as idades à puberdade e aos trezentos quilos de fêmeas da raça Canchim. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.341-349, 1993.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.723-728, 2004a.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.481-492, 2004b.

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. et al. Consumo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD-ROM.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* submetida ou não à hidrólise com diferentes tipos de cal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD-ROM.

OLIVEIRA, M.D.S.; SHINODA, J.; BOBRICK, R. et al. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

PATE, F.M. Fresh chopped sugar cane in growing-finishing steer diets. *J. Anim. Sci.*, v.53, p.881-887, 1981.

PATE, F.M. Nutritive value of sugar cane at different stages of maturity. *Trop. Anim. Prod.*, v.2, p.125-142, 1977. Disponível em: www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/tap22/2_2_1.pdf. Acessado em: 11 set. 2006.

RANGEL, A.H.N.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar corrigida com farelo de soja e diferentes níveis de ureia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dez variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia, GO. *Anais...* Goiânia, GO: SBZ, 2005. CD-ROM.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: SBZ; FEALQ, 2001. p.1111-1113.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de nove variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Avaliação de constituintes da parede celular de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) *in natura* tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.

SILVA, R.M.; PADUA, J.T.; PACHECO, P.S. et al. Desempenho de novilhos mestiços Nelore confinados com cana-de-açúcar e diferentes níveis de energia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

SOUZA, D.P. *Desempenho, síntese de proteínas microbianas e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e caroço de algodão ou silagem de milho*. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

STACCHINI, P.F. *Efeito dos teores de ureia e do farelo de soja sobre a digestibilidade e balanço de nitrogênio em vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar*. 1998.

67f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

TEIXEIRA, C.B. *Determinantes de degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos*. 2004. 70f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C.S. et al. Degradação ruminal e digestibilidade em ruminantes alimentados com cana-de-açúcar como substituto da silagem de milho. *Bol. Ind. Anim.*, v.59, p.31-43, 2002.

VAN SOEST, P.J. *Nutricional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAZ, F.N.; RESTLE, J. Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumoso. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.230-238, 2005.

VILELA, M.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Avaliação de diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana-de-açúcar: desempenho e digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.768-777, 2003.

CAPÍTULO 3

SILAGEM DE GIRASSOL PARA BOVINOS LEITEIROS

*Luiz Gustavo Ribeiro Pereira*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*²,
*Thierry Ribeiro Tomich*³, *Alex Santos Lustosa de Aragão*⁴

RESUMO

Será apresentado neste capítulo o potencial de utilização da cultura do girassol como opção para produção de silagem para alimentação de rebanhos leiteiros. Serão discutidos aspectos relacionados a especificidades da cultura, envolvendo os tratamentos culturais, a escolha dos materiais mais adequados, a qualidade, o valor nutricional e o uso do girassol na forma de silagem para bovinos leiteiros. A silagem de girassol é uma opção de volumoso suplementar, sendo indicado o plantio da cultura como safrinha ou para regiões que apresentem índices pluviométricos desfavoráveis. As silagens são classificadas como de boa qualidade e destacam-se pelos teores de proteína e de lipídios, porém a fração fibrosa é de baixa digestibilidade. A silagem de girassol pode ser utilizada para alimentação de rebanhos leiteiros desde que as dietas sejam balanceadas. O fornecimento de dietas contendo silagem de girassol pode ser uma alternativa para a produção de leite com características funcionais relacionadas aos teores de ácido linoleico conjugado.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual adaptada aos climas temperado, tropical e subtropical. O menor ciclo de produção, a capacidade em utilizar a água disponível no solo e a tolerância à ampla faixa de temperaturas são fatores que têm estimulado o cultivo do girassol para a produção de silagem. Em regra, indica-se a semeadura do girassol para ensilagem após a colheita da cultura principal, em período de safrinha, ou em locais onde a deficiência hídrica torna inviáveis culturas tradicionalmente utilizadas para esse propósito, como milho e sorgo.

Quando a ensilagem é conduzida de forma adequada, o girassol produz silagens com fermentação apropriada à conservação da forragem estocada. Geralmente, a silagem de girassol contém alto teor proteico e, devido ao elevado teor de óleo, também possui alto valor energético. Contudo, a fração fibrosa geralmente apresenta maior proporção de lignina e menor digestibilidade, quando comparada às silagens de milho e de sorgo,

¹ Médico Veterinário, DSc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. luiz.gustavo@cnppl.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., EMBRAPA Pantanal, Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência Animal e aluno do Curso de Doutorado em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. aslaragao@hotmail.com

características que podem restringir a aplicação da silagem de girassol para as categorias de animais mais exigentes.

Existe grande carência por informações sobre a silagem de girassol. Serão descritas neste capítulo as principais informações científicas, nacionais e internacionais, relacionadas à produção e à utilização da silagem dessa oleaginosa.

1. LOCAL E ÉPOCA DE SEMEADURA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE GIRASSOL

O local e a época de semeadura do girassol para ensilagem seguem as mesmas recomendações observadas para implantação da lavoura destinada à produção de grãos. Atualmente, a cultura do girassol é indicada para os estados da região Sul, Minas Gerais e São Paulo, na região Sudeste, todos os estados do Centro-Oeste, Bahia, Maranhão e Piauí, no Nordeste.

A época ideal é aquela que permite satisfazer as exigências climáticas da planta nas diferentes fases de desenvolvimento, reduzir os riscos de eventuais problemas com pragas e doenças e, dessa forma, assegurar uma boa colheita. Além disso, deve-se levar em consideração o enquadramento da produção da silagem de girassol nos sistemas de rotação e de sucessão de culturas, aumentando a capacidade de aproveitamento do terreno e da estrutura disponível para produção e armazenamento. Nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná, o período mais indicado para a semeadura vai de meados de julho ao final de agosto. Nos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Tocantins, no norte e noroeste do Paraná e no Distrito Federal, a melhor época para semeadura vai de meados de janeiro até fevereiro. Os tratos culturais no cultivo de girassol para produção de silagem são semelhantes aos adotados para a produção de grãos.

2. RENDIMENTO FORRAGEIRO

Na maioria das situações, a redução do rendimento forrageiro, que ocorre sob condições de estresse hídrico, promove elevação significativa no custo da silagem produzida com as culturas tradicionais. Por esse motivo, a principal característica que vem motivando o cultivo do girassol para a produção de silagem é o seu bom desempenho produtivo sob baixa pluviosidade.

Existem relatos de produtividade de forragem verde de girassol que alcançaram 70t/ha. Contudo, para a maioria das situações, as produtividades médias no período de safrinha são próximas a 30t/ha. A variabilidade genética e o estágio de desenvolvimento da planta são fatores que influenciam a produtividade e devem ser levados em consideração.

Estudo conduzido na Escola de Veterinária da UFMG e na Embrapa Milho e Sorgo evidenciou efeito significativo do genótipo sobre o rendimento de forragem de 13 cultivares de girassol cultivados durante a safrinha (Tomich et al., 2003b). Nesse trabalho, foram notadas produtividades de matéria verde variando entre 12,8t/ha a 29,1t/ha e produtividades de matéria seca de 3,6t/ha a 7,7t/ha (Tabela 1). Deve-se ressaltar que os autores consideraram que as produtividades alcançadas nesse estudo foram limitadas pela baixa média da população de plantas por ocasião da colheita, que foi de 34.407 plantas/ha.

Quanto ao efeito da época de corte sobre a produtividade, Pereira (2003), ao avaliar a produtividade de quatro cultivares de girassol, notou a redução progressiva na produção média de matéria verde de 27,5t/ha, 17,7t/ha, 13,1t/ha até 9,2t/ha à medida que a colheita foi efetuada aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento, respectivamente. Contudo, a produção de matéria seca não foi significativamente afetada pelo avanço no estágio de maturação da planta, que se manteve entre 5,12t/ha e 6,08t/ha para as mesmas idades de corte (Figura 1).

Rezende et al. (2002), avaliando dois híbridos e uma variedade de girassol, notaram redução na produção média de matéria seca para o corte efetuado aos 125 dias após a semeadura, em relação aos rendimentos obtidos aos 95 e 110 dias após a semeadura, que apresentaram produtividade de 7,86, 7,21 e 6,00 t/ha, respectivamente.

Tabela 1. Produção de matéria verde e matéria seca de cultivares de girassol.

Cultivar	Produtividade (t/ha)	
	Matéria verde	Matéria seca
AS243	26,3 ^{AB}	7,0 ^{AB}
AS603	23,9 ^{ABC}	5,8 ^{ABC}
Cargill 11	12,8 ^E	4,7 ^{CD}
Contiflor 3	26,4 ^{AB}	6,8 ^{ABC}
Contiflor 7	15,6 ^{DE}	6,0 ^{ABC}
DK180	19,2 ^{B^{CDE}}	5,3 ^{BCD}
M734	22,1 ^{A^{BCD}}	6,4 ^{ABC}
M737	29,1 ^A	6,7 ^{ABC}
M738	17,9 ^{CDE}	5,6 ^{ABC}
M742	24,7 ^{ABC}	6,5 ^{ABC}
Rumbosol 90	15,9 ^{DE}	5,2 ^{BCD}
Rumbosol 91	29,1 ^A	7,7 ^A
V2000	12,8 ^E	3,6 ^D
Média	21,2	5,9

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$).

Fonte: Adaptado de Tomich et al. (2003b).

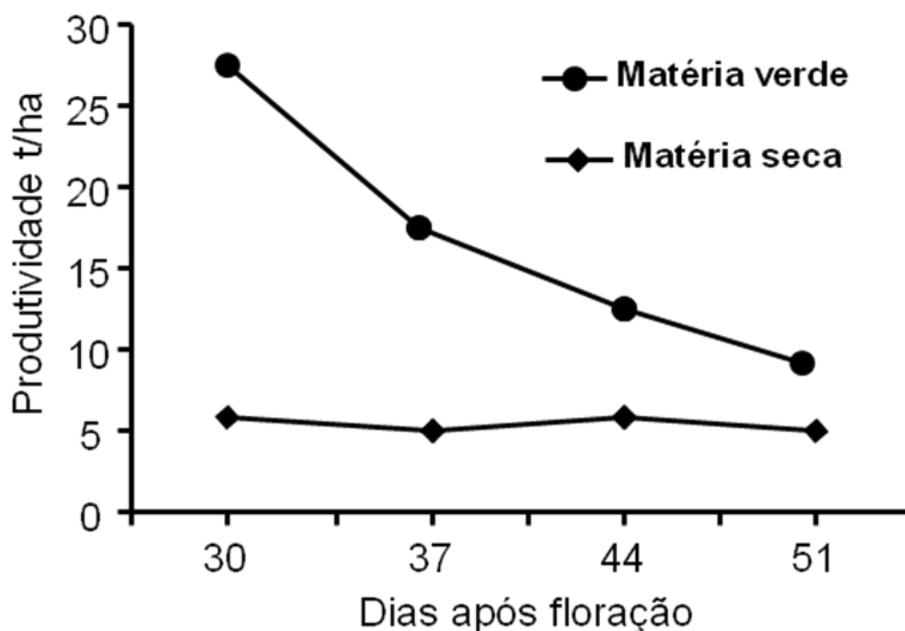


Figura 1. Produção de forragem de girassol para cortes efetuados aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento.

Fonte: Adaptado de Pereira (2003).

3. PONTO DE ENSILAGEM DO GIRASSOL

O baixo teor de matéria seca é considerado uma das desvantagens da cultura do girassol e tem sido um fator limitante na produção de sua silagem. Os dados nacionais sobre avaliações de silagens de girassol apresentam valores médios de 24,1% de matéria seca, abaixo dos 30-35% preconizados para produção de silagens de boa qualidade, e atribuídos ao fato de a planta acumular muita umidade na haste e no receptáculo floral, mesmo em estádios avançados de desenvolvimento.

Várias épocas de ensilagem são indicadas. Morrison (1966) relatou a possibilidade de o girassol ser ensilado quando metade ou dois terços das plantas estiverem em florescimento, enquanto Schuster (1955) indicou a ensilagem durante toda a floração, no entanto Cotte (1959) considera que o girassol pode ser ensilado no final da floração. Tosi et al. (1975) encontraram bons resultados quando realizaram cortes com os capítulos apresentando coloração verde-amarela na face dorsal e com sementes diferenciadas e bem formadas. Gonçalves et al. (2000) recomendam colheitas com a planta apresentando 100% dos grãos maduros, brácteas amarelas a castanhas e folhas murchas ou secas.

As recomendações de época de ensilagem da cultura do girassol são controversas, e poucos são os estudos que realizaram a ensilagem em estádios mais avançados de maturação.

Harper et al. (1981) avaliaram a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da planta do girassol em 12 semanas consecutivas após a floração, notando aumento no teor de fibra bruta (20,8% a 33,0% para a primeira e a última semana de corte, respectivamente) e redução significativa na digestibilidade (76,6% a 56,9% para a primeira e a última semana de corte, respectivamente). Rezende et al. (2002) avaliaram três genótipos de girassol ensilados com 95, 110 e 125 dias de idade e observaram que os genótipos só atingiram os teores de matéria seca (MS) recomendados para ensilagem (30%-35%) com idade de 125 dias, porém o avanço da idade causou aumento nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e redução nos valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca – DIVMS (95 dias = 62,9%; 110 dias = 56,1%; e 125 dias = 49,4%). Souza (2002), avaliando as silagens de quatro genótipos de girassol colhidos com 90, 97, 104, 111 e 118 dias, também observou que os teores de MS adequados para ensilagem só foram atingidos em estádios avançados de maturação (mais de 111 dias de idade). Já os teores de FDN e FDA aumentaram e os valores de DIVMS diminuíram com o avanço da maturidade das plantas.

Edwards e McDonald (1978) avaliaram o girassol ensilado em 12 estádios de crescimento e concluíram que, mesmo em estádios precoces, com baixo teor de MS, foram obtidas silagens com fermentação predominantemente láctica, conferindo uma preservação satisfatória do material originalmente ensilado. Freire (2001) e Porto (2002) encontraram bons perfis de fermentação das silagens de girassol, mesmo trabalhando com materiais com baixos teores de MS (23,6% e 19,7%, respectivamente), mostrando o potencial de conservação do girassol nestas condições. Porém, as perdas de efluentes de materiais com menos de 25% de MS devem ser consideradas (McDonald et al., 1991).

Apesar do baixo teor de matéria seca, Pereira (2003) observou bons perfis de fermentação durante o processo de ensilagem do girassol, comprovando o potencial de conservação nessa forma. Este mesmo autor, ao avaliar quatro genótipos de girassol em diferentes épocas após a floração, relatou o aumento das frações fibrosas e a redução na digestibilidade e na cinética de degradação ruminal com o avançar do estágio de maturação das plantas, o que sugere a ensilagem da cultura do girassol em estádios mais precoces.

A definição do ponto ideal de colheita do girassol é fundamental para a produção de silagem com melhor valor nutritivo. Por esse motivo, recomenda-se que a colheita do girassol seja realizada no período de maturação fisiológica dos aquênios (fase R9), quando as plantas apresentam teor de matéria seca apropriado a propiciar fermentação que possibilite boa conservação do material estocado. A ensilagem nesse estágio tem produzido silagens com teor de matéria seca próximo a 25%, cerca de 10% de proteína bruta e coeficiente de digestibilidade da matéria seca de 50%. Em R9, as plantas do girassol apresentam a parte posterior dos capítulos amarelada, as brácteas (folhas modificadas da parte externa do capítulo) estão com coloração amarelo-castanha e a maior parte das folhas presas ao caule já está seca. Quando a colheita é efetuada antes da maturação fisiológica dos aquênios, o girassol contém alta quantidade de água, o que prejudica a fermentação. Por sua vez, quando é ensilado tardiamente, tem produzido

silagens com altas proporções de componentes da parede celular e baixos coeficientes de digestibilidade.

4. QUALIDADE DA SILAGEM DE GIRASSOL

A adequação de uma planta para a ensilagem está relacionada à sua eficiência de fermentação para conservar o valor nutritivo da silagem o mais próximo possível do valor da forragem verde. Conforme Tomich et al. (2003a), entre as variáveis utilizadas para avaliar a eficiência da fermentação de silagens, destacam-se o teor de matéria seca, o pH e os teores de nitrogênio amoniacal e de ácidos orgânicos.

O teor de matéria seca é uma variável importante no processo da ensilagem porque está relacionado à ação de microrganismos deletérios à qualidade do material ensilado, à produção de efluentes e à redução do consumo voluntário, frequentemente notadas em silagens com baixo conteúdo de matéria seca. Por outro lado, as silagens muito secas favorecem a ocorrência de danos por aquecimento e mofo, devido à dificuldade de compactação. Por esses motivos, tem-se recomendado ensilar forragens que apresentam entre 30% e 35% de matéria seca. O baixo teor de matéria seca é considerado um problema para a produção da silagem de girassol, mas esse fato está relacionado principalmente à ensilagem em períodos precoces de desenvolvimento da planta.

A conservação pela ensilagem baseia-se no processo de conservação em ácido, em que o decréscimo do pH pela fermentação limita a ocorrência de processos que promovem a deterioração da forragem. De maneira geral, tem-se atribuído pH entre 3,8 e 4,2 como adequado às silagens bem-conservadas. Entretanto, o pH apropriado para promover a eficiente conservação da forragem ensilada depende da quantidade de umidade da silagem. Portanto, para a avaliação do processo fermentativo, o pH não deve ser tomado isoladamente, mas deve ser associado ao teor de matéria seca da forragem. As silagens de girassol, geralmente, apresentam valores elevados de pH. Todavia, Tomich et al. (2004), avaliando as silagens de 13 cultivares, observaram que o valor de pH foi positivamente correlacionado com o teor de matéria seca, indicando que as silagens mais úmidas apresentaram pH mais baixos. O resultado obtido por Tomich et al. (2004) também revelou que o girassol, geralmente, apresenta redução de pH adequada à conservação da forragem estocada.

O teor de nitrogênio amoniacal da silagem reflete a ação deletéria de enzimas da planta e de microrganismos sobre a fração proteica da forragem. Em geral, considera-se que valores inferiores a 10% são adequados para silagens bem-conservadas. Como um dos aspectos positivos da silagem de girassol é o seu mais elevado valor proteico em relação às silagens de milho e de sorgo. Em relação à qualidade da fermentação, a maior parte dos estudos tem revelado teores de nitrogênio amoniacal abaixo de 10% em silagens de girassol (Valdez et al., 1988a, b; Tomich et al., 2004), indicando a aptidão da planta para a ensilagem quanto à conservação da qualidade da fração proteica.

Quanto aos ácidos orgânicos, o ácido láctico é frequentemente utilizado como indicador de qualidade da fermentação, mas a quantidade necessária desse ácido para reduzir rapidamente o pH e inibir os processos que promovem a deterioração do material ensilado varia com a capacidade de tamponamento da forragem e com o teor de umidade da massa ensilada. Alguns estudos mostraram que, embora a silagem de girassol apresente altas proporções de ácido láctico (Tosi et al., 1975; Tomich et al., 2004), a capacidade de tamponamento da planta não permite redução do pH aos níveis frequentemente observados para as silagens de milho e de sorgo. Já o teor de ácido acético está relacionado a menores taxas de decaimento e pH elevado das silagens.

Existem poucos trabalhos que avaliaram a concentração de ácido acético em silagem de girassol e, de maneira geral, foram observadas baixas concentrações (Sneddon et al., 1981; Almeida et al., 1995; Pereira, 2003; Tomich et al., 2004), indicando que as silagens de girassol, geralmente, são bem-conservadas.

A presença de ácido butírico reflete a extensão da atividade clostridiana sobre a forragem ensilada e também está relacionada a menores taxas de decaimento e elevado pH final das silagens. O teor desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo. Também corresponde a perdas acentuadas de matéria seca e energia da forragem original durante a fermentação e, com frequência, o ácido butírico é positivamente correlacionado à redução da palatabilidade e do consumo da forragem. Vários estudos mostraram baixos valores de ácido butírico em silagens de girassol (Tosi et al., 1975; Valdez et al., 1988a; Almeida et al., 1995; Pereira, 2003; Tomich et al., 2004), apontando que essa não é uma característica capaz de restringir a adequação da planta para a sua conservação na forma ensilada.

Considerando as variáveis expostas, pode-se avaliar que, quando a ensilagem do girassol é conduzida de forma apropriada, têm-se produzido silagens com fermentação adequada à conservação da forragem estocada. O estudo realizado por Tomich et al. (2004) com 13 cultivares revelou que, em média, as silagens de girassol apresentam as características de silagens bem-conservadas, sem perdas significativas de matéria seca e de energia e com pequenas alterações da fração proteica da forragem conservada em relação à forragem verde (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de matéria seca (MS), pH e conteúdos de nitrogênio amoniacal com porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) e de ácidos orgânicos das silagens de 13 cultivares de girassol.

Cultivar	MS - %	pH	N-NH ₃ /NT	Ácidos orgânicos - % MS		
				Lático	Acético	Butírico
AS243	21,7 ^E	4,5 ^C	10,0 ^B	7,8 ^C	2,5 ^A	0,00 ^E
AS603	21,9 ^E	4,4 ^C	8,0 ^{CDE}	9,7 ^B	1,9 ^{AB}	0,00 ^E
Cargill 11	32,2 ^A	5,5 ^A	9,2 ^{BC}	5,0 ^D	1,7 ^B	0,08 ^{CD}
Contiflor 3	23,0 ^D	4,5 ^C	8,1 ^{CD}	8,4 ^{BC}	2,2 ^{AB}	0,00 ^E
Contiflor 7	31,2 ^A	5,3 ^B	8,3 ^{CD}	2,8 ^E	2,3 ^{AB}	0,00 ^E
DK180	26,0 ^{BC}	4,5 ^C	6,8 ^E	7,9 ^C	1,5 ^B	0,05 ^{DE}
M734	26,3 ^{BC}	4,5 ^C	7,3 ^{DE}	5,5 ^D	1,5 ^B	0,00 ^E
M737	19,6 ^F	4,1 ^D	8,5 ^{CD}	12,0 ^A	2,0 ^{AB}	0,00 ^E
M738	27,2 ^B	4,5 ^C	7,5 ^{DE}	7,4 ^C	1,7 ^{AB}	0,09 ^C
M742	23,5 ^D	4,4 ^C	9,0 ^{BC}	7,5 ^C	1,5 ^B	0,00 ^E
Rumbosol 90	26,8 ^{BC}	5,2 ^B	10,1 ^B	4,6 ^D	1,9 ^{AB}	0,23 ^B
Rumbosol 91	23,5 ^D	4,1 ^D	5,9 ^F	9,0 ^C	1,8 ^{AB}	0,00 ^E
V2000	25,8 ^C	5,2 ^B	14,6 ^A	5,3 ^D	2,5 ^A	0,28 ^A
Média	25,3	4,7	8,7	7,1	1,9	0,06

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK (p<0,05).
Fonte: Adaptado de Tomich et al. (2004).

5. VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE GIRASSOL

As silagens de girassol apresentam, em regra, elevados teores de proteína, de minerais e de extrato etéreo (óleo), quando comparadas às silagens de milho, de sorgo, ou de capim-elefante (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química de silagens.

Silagem	Composição expressa como porcentagem da matéria seca						
	Proteína bruta*	Extrato etéreo*	FDN*	FDA*	Lignina*	Cálcio**	Fósforo**
Girassol	9,0	13,7	47,1	35,9	6,6	1,56	0,29
Milho	7,3	3,0	55,7	30,1	4,9	0,30	0,19
Sorgo	7,0	2,2	61,7	34,6	6,3	0,23	0,18
Capim-elefante	5,7	2,8	76,9	53,6	9,4	0,38	0,08

Fonte: *Valadares Filho et al. (2001); **Valdez et al. (1988b).

Quando usadas em dietas balanceadas, o seu mais alto teor proteico e mineral pode representar vantagem econômica, permitindo a redução da necessidade de suplementos minerais e proteicos. Por outro lado, embora as silagens de girassol apresentem menor teor de fibra em detergente neutro que as silagens tradicionais, contêm alta proporção de fibra em detergente ácido e de lignina.

Tanto os girassóis selecionados para a produção de óleo, que geralmente apresentam entre 35% a 45% de óleo no grão, quanto as variedades chamadas de confeitadeiras (25%-30% de óleo no grão) têm sido utilizados para a produção de silagem. Dados americanos revelaram que as silagens das variedades confeitadeiras apresentaram em média 3% de extrato etéreo (Schingoethe et al., 1980), enquanto as silagens produzidas com girassóis de semente oleosa apresentam mais de 10% de extrato etéreo (Valdez et al., 1988a, b; Tomich et al., 2004). No Brasil, Jayme (2003) avaliou as silagens de seis genótipos de girassol, sendo três híbridos confeitadores e os demais destinados à produção de óleo. As composições químicas médias das silagens encontram-se na Tabela 4. As silagens obtidas com os dois tipos de girassóis apresentaram valores próximos de proteína bruta, FDN e lignina. Os teores de extrato etéreo para os dois tipos de silagens foram superiores a 10%, e as silagens obtidas com híbridos destinadas à produção de óleo apresentaram 2% a mais que as silagens dos materiais confeitadores. Concluiu-se no estudo que os seis genótipos avaliados apresentavam potencial para serem utilizados na forma de silagem.

Tabela 4. Composição química das silagens de girassóis confeitadores ou selecionados para a produção de óleo

Parâmetros*	Confeiteiro**	Produção de Óleo***
Proteína Bruta	9,1	8,8
Extrato Etéreo	10,9	12,9
FDN	47,7	48,0
Lignina	7,8	7,8

* Valores médios de três genótipos; **Mycogen 93338, Victoria 627 e Victoria 807; *** V2000, M742 e IAC Uruguai.

Fonte: Adaptado de Jayme (2003).

A maior parte das sementes disponíveis no mercado nacional é de girassóis destinados à produção de óleo, e, por esse motivo, as análises das silagens de girassol produzidas no país têm revelado alta proporção de extrato etéreo, na maioria das situações. Esse alto teor de óleo na silagem de girassol pode representar um fator limitante para o seu uso como volumoso único na dieta de bovinos leiteiros e indica a possível necessidade de associação com outros alimentos volumosos, uma vez que dietas contendo mais de 7% de extrato etéreo podem estar relacionadas às reduções da fermentação ruminal, da digestibilidade da fibra e da taxa de passagem. Portanto, recomenda-se que as dietas contendo silagem de girassol sejam adequadamente balanceadas para se evitar perdas no aproveitamento dos alimentos e no desempenho dos animais.

Independente do tipo de girassol, os genótipos mais apropriados para a ensilagem são aqueles que apresentam alta produtividade de forragem, fermentação conveniente para a conservação do material estocado e, principalmente, bom valor

nutritivo da forragem produzida. Vários estudos mostraram que essas características diferem entre cultivares. Em relação ao valor nutritivo, Tomich et al. (2004) observaram variações significativas nos teores de proteína, no extrato etéreo, nos componentes da parede celular e no coeficiente de digestibilidade *in vitro* das silagens de 13 genótipos de girassol ensilados quando apresentavam mais de 90% de grãos maduros (Tabela 5).

Outro fator que é capaz de influenciar significativamente alguns componentes bromatológicos e a digestibilidade das silagens de girassol é o estágio de desenvolvimento da planta. Rezende et al. (2002) e Pereira (2003) observaram poucas alterações nos teores de proteína bruta das silagens com o avanço do estágio de desenvolvimento das plantas, mas notaram aumento de fibra e redução da digestibilidade da matéria seca nas silagens de girassol produzidas com plantas em estágio avançado de desenvolvimento (Figura 2).

Tabela 5. Composição química e digestibilidade das silagens de cultivares de girassol.

Cultivar	Composição expressa como porcentagem da matéria seca					DIVMS - %
	Proteína bruta	Extrato etéreo	FDN	FDA	Lignina	
AS243	8,6 ^B	18,0 ^{AB}	43,4 ^E	33,9 ^{DE}	6,2 ^{BC}	47,1 ^D
AS603	9,3 ^A	17,0 ^{ABC}	40,7 ^E	31,5 ^F	5,4 ^D	51,1 ^B
Cargill 11	9,2 ^A	19,2 ^A	41,1 ^E	33,1 ^{EF}	5,7 ^{CD}	49,0 ^{CD}
Contiflor 3	8,0 ^C	13,5 ^{CDEF}	46,7 ^{CD}	36,1 ^{BCD}	7,1 ^{AB}	49,9 ^{CD}
Contiflor 7	7,9 ^C	10,6 ^F	46,8 ^{CD}	36,1 ^{BCD}	6,9 ^{AB}	46,9 ^D
DK180	8,1 ^C	15,5 ^{BCD}	43,2 ^E	34,4 ^{DE}	6,4 ^{BC}	49,7 ^{BC}
M734	9,8 ^A	10,5 ^F	50,6 ^{AB}	39,4 ^A	6,9 ^{AB}	51,4 ^B
M737	9,5 ^A	18,1 ^{AB}	37,7 ^F	28,9 ^G	5,2 ^D	56,7 ^A
M738	9,8 ^A	13,7 ^{CDEF}	52,8 ^A	40,1 ^A	6,9 ^{AB}	49,4 ^{BCD}
M742	9,4 ^A	11,3 ^{DEF}	51,5 ^{AB}	39,7 ^A	6,8 ^{AB}	51,5 ^B
Rumbosol 90	8,7 ^B	12,6 ^{DEF}	49,3 ^{BC}	38,4 ^{AB}	7,3 ^A	48,6 ^{CD}
Rumbosol 91	7,2 ^D	11,2 ^{EF}	47,7 ^C	37,3 ^{ABC}	7,1 ^{AB}	47,9 ^{CD}
V2000	9,4 ^A	14,8 ^{BCDE}	44,0 ^{DE}	35,0 ^{CDE}	6,4 ^{BC}	48,9 ^{CD}

FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$).

Fonte: Adaptado de Tomich et al. (2004).

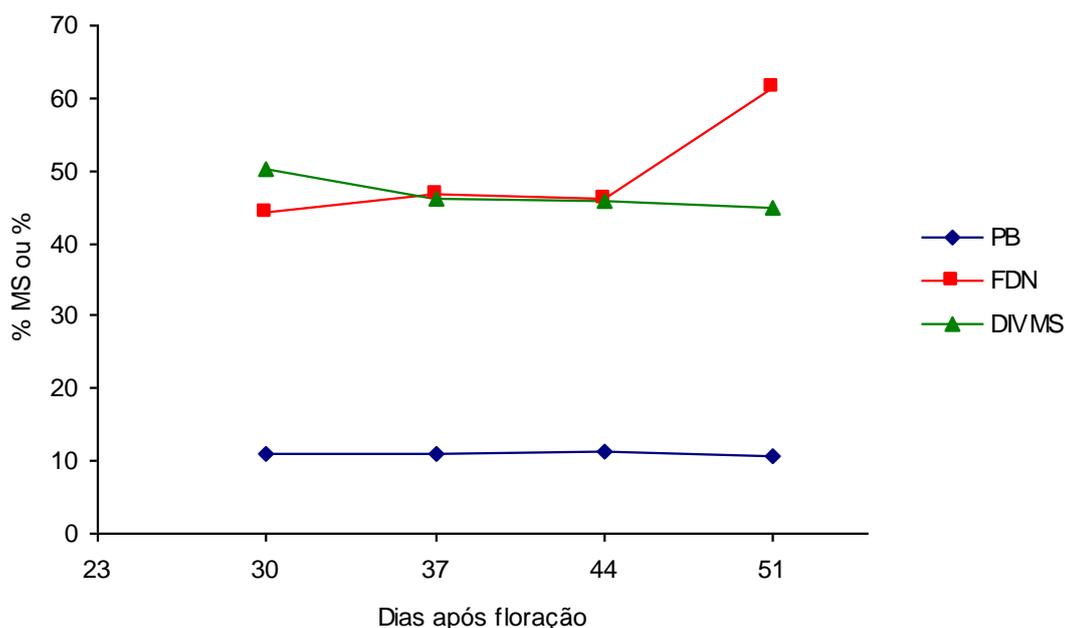


Figura 2. Médias de conteúdos de proteína bruta (PB) e de fibra em detergente neutro (FDN) e coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DIVMS) de silagens de quatro genótipos de girassol colhidos aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento (fase R5.5). Fonte: Adaptado de Pereira (2003).

6. USO DE ADITIVOS NA ENSILAGEM DO GIRASSOL

Aditivos têm sido recomendados com o objetivo de beneficiar os processos fermentativos, visando à melhoria da conservação, ao incremento do valor energético ou proteico e ao aumento da estabilidade aeróbica da silagem durante a fase de utilização.

Valle et al. (2001b) observaram que a adição de ureia e de carbonato de cálcio, associados ou não à silagem de girassol, promoveu queda nos teores de ácido láctico e aumento nos teores de ácido butírico em dois de quatro cultivares avaliados, enquanto os teores de ácido acético foram pouco afetados pela adição. Esses mesmos autores verificaram que o uso de inoculante bacteriano não resultou em aumento significativo nos teores de ácido láctico nas silagens de girassol. Valle et al. (2001a) não observaram alterações na digestibilidade da matéria seca devido à adição de ureia, carbonato de cálcio, ureia + carbonato de cálcio ou inoculante bacteriano. As silagens de girassol, aditivadas ou não, apresentam fermentação aceitável, assim a tomada de decisão quanto à utilização ou não de aditivos deve levar em consideração a relação custo/benefício.

7. DESEMPENHO DE BOVINOS LEITEIROS ALIMENTADOS COM SILAGEM DE GIRASSOL

O consumo é um dos principais fatores na determinação do desempenho animal, e a maioria dos estudos mostrou que o consumo das dietas contendo silagem de girassol é satisfatório (Bergamaschine et al., 1999; Ko, 2002; Ribeiro et al., 2002). Contudo, quando o consumo de matéria seca das dietas contendo silagem de girassol é comparado ao de outros volumosos, os dados de literatura não são conclusivos.

McGuffey e Schingoethe (1980) verificaram que as vacas alimentadas com silagem de girassol (variedade confeiteira) consumiram 4,0kg de matéria seca a menos que vacas alimentadas com silagem de milho. Valdez et al. (1988b) não observaram diferenças significativas no consumo de vacas Holandesas alimentadas com silagem de girassol (semente oleosa) ou de milho, enquanto Hubbel et al. (1985), em experimento com vacas Jersey, obtiveram maior consumo de silagem de girassol em relação à silagem de milho. Leite (2002) observou que a substituição total da silagem de milho pela silagem de girassol na dieta de vacas em lactação promoveu redução significativa de 17% na ingestão de matéria seca, enquanto a substituição parcial (34% e 66%) não afetou o consumo.

Vandersall e Lanari (1973) observaram maiores ganhos de peso e produções mais elevadas de leite para vacas alimentadas com silagem de milho, quando comparadas às vacas alimentadas com silagem de girassol. Thomas et al. (1982) encontraram produções de leite equivalentes em dois grupos de vacas em lactação, alimentadas com silagens de girassol e de alfafa, concluindo que a silagem de girassol é uma forragem adequada para vacas no meio e no final de lactação. Valdez et al. (1988b) observaram que vacas Holandesas alimentadas com silagem de girassol apresentaram maior ganho de peso e igual produção de leite que aquelas que receberam silagem de milho.

Hubbel et al. (1985), comparando silagens de girassol e de milho para vacas Jersey em lactação, observaram que a produção de leite foi significativamente maior para as vacas alimentadas com silagem de girassol (2,2kg a mais por dia). Silva et al. (2004), ao avaliarem a produção e a composição do leite de vacas com média de 26kg/dia alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho, concluíram que a inclusão parcial da silagem de girassol se mostrou viável, pois não afetou significativamente as produções de leite, de proteína ou de gordura. A substituição completa afetou negativamente as produções de leite, de proteína e de extrato seco total do leite.

Alguns estudos mostraram modificações na composição do leite dos animais alimentados com silagem de girassol. Thomas et al. (1982) e Valdez et al. (1988b) observaram redução na porcentagem de gordura do leite dos animais que consumiram silagem de girassol. McGuffey e Schingoethe (1980) notaram aumento de gordura e de ácidos graxos poli-insaturados, redução de proteína e de sólidos totais no leite das vacas alimentadas com silagem de girassol.

Leite et al. (2006) realizaram estudo de desempenho com vacas Holandesas alimentadas com silagens de girassol ou milho na Fazenda Experimental da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Não foram observadas diferenças na produção e composição do leite (proteína, ureia, gordura, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado) entre as vacas alimentadas com silagem de girassol e milho. Os dados deste ensaio encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Produção e composição do leite de vacas Holandesas alimentadas com dietas balanceadas utilizando silagem de girassol ou milho.

Parâmetros	Silagem de Girassol	Silagem de Milho
Produção de leite (kg/dia)	25,02	25,52
Produção de leite corrigido para gordura (kg/dia)	22,28	23,19
% de gordura	3,30	3,52
% de proteína	2,84	2,96
% de lactose	4,67	4,76

Fonte: Leite et al. (2006).

Leite (2007) comparou a silagem de girassol com a de milho como fonte volumosa para vacas leiteiras. Alguns dos resultados obtidos neste estudo encontram-se na Tabela 7. Os animais alimentados com silagem de girassol apresentaram maior consumo de matéria seca, 17,4 e 15,5kg por dia para as dietas contendo silagem de girassol e milho, respectivamente. A digestibilidade da matéria seca das dietas foi semelhante (61,3 e 59,4% para as dietas com silagem de girassol e milho, respectivamente). A produção e a composição do leite foram semelhantes entre os dois tratamentos ($P>0,05$), as vacas alimentadas com dietas contendo silagem de girassol produziram 23,9kg de leite por dia (corrigido para 4% de gordura), e as do tratamento com silagem de milho 22,85kg. Apesar da composição do leite semelhante ($P>0,05$), a composição da gordura (perfil de ácidos graxos) diferiu entre os tratamentos. O fornecimento de dietas contendo silagem de girassol aumentou os teores de C18:1 *Trans* 11 e C18:2 *Cis-9 trans-11*. O autor estimou que o ser humano, ao ingerir um litro de leite de vacas alimentadas com silagem de girassol, estaria consumindo 365mg/dia de ácido linoleico conjugado (CLA). Já para a ingestão de leite obtido das vacas alimentadas com silagem de milho, o consumo seria de 90mg/dia. O consumo de 300mg de CLA/dia é tido como referência para os efeitos nutracêuticos do CLA.

Segundo Leite (2007), o fornecimento da silagem de girassol, para vacas leiteiras produzindo em média 25kg, depende de avaliações econômicas em relação aos custos dos suprimentos energéticos e da produtividade por hectare da silagem de girassol.

Tabela 7. Consumo de matéria seca (kg/dia), digestibilidade da matéria seca (%), produção e composição da gordura do leite de vacas Holandesas alimentadas com dietas balanceadas utilizando silagem de girassol ou milho.

Parâmetros	Silagem de girassol	Silagem de milho
Consumo de matéria seca (kg/dia)	17,4 ^a	15,5 ^b
Digestibilidade da matéria seca (5)	61,3 ^a	59,4 ^a
Produção de leite corrigido para gordura (kg/dia)	23,9 ^a	22,9 ^a
% de gordura	3,5 ^a	3,4 ^a
<i>Concentração de ácidos graxos (mg/g de gordura)</i>		
C4:0	3,4 ^b	4,3 ^a
C6:0	1,3 ^b	2,4 ^a
C8:0	0,6 ^b	1,3 ^a
C10:0	1,2 ^b	2,8 ^a
C11:0	0,1 ^b	0,3 ^a
C12:0	1,4 ^b	3,2 ^a
C13:0	0,0 ^b	0,1 ^a
C12:1	0,0 ^b	0,1 ^a
C14:0	5,9 ^b	11,0 ^a
C14:1 <i>Cis-9</i>	0,4 ^b	1,0 ^a
C15:0	0,6 ^b	0,9 ^a
C16:0	17,3 ^b	33,5 ^a
C16:1 <i>Cis-9</i>	0,8 ^b	1,6 ^a
C17:0	0,3 ^b	0,5 ^a
C17:1	0,2 ^b	0,3 ^a
C18:0	14,7 ^a	10,1 ^b
C18:1 <i>Cis-9</i>	25,7 ^a	18,3 ^b
C18:1 <i>Trans-11</i>	11,2 ^a	1,3 ^b
C18:2 <i>Cis-9 trans-11</i>	1,0 ^a	0,1 ^b
C18:2 <i>Cis-9 cis-12</i>	4,9 ^a	2,3 ^b
C20:0	0,5 ^a	0,9 ^a

Letras idênticas em uma mesma linha significam diferença estatística ($P < 0,05$).

Fonte: Leite (2007).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O girassol é uma opção para produção de volumoso suplementar em plantios de safrinha ou para regiões que apresentem índices pluviométricos desfavoráveis. As silagens são classificadas como de boa qualidade e destacam-se pelos teores de proteína e de lipídios, porém a fração fibrosa é de baixa digestibilidade. A silagem de girassol pode ser utilizada para alimentação de rebanhos leiteiros desde que as dietas sejam balanceadas. O fornecimento de dietas contendo silagem de girassol aumenta os teores de C18:1 *Trans* 11 e C18:2 *Cis-9 trans-11*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.F.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; AQUINO, L.H. et al. Composição química e consumo voluntário das silagens de sorgo, em dois estádios de corte, girassol e milho para ruminantes. *Ciênc. Prát.*, v.19, p.315-321, 1995.

BERGAMASCHINE, A.F.; GUATURA, A.; ISEPON, O.J. et al. Digestibilidade e degradação *in situ* da silagem de girassol confeccionada com diferentes teores de matéria seca e aditivo microbiano. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM.

COTTE, A. Le tournesol - fourrage. Sunflower for fodder. *Herb. Abstr.*, v.29, p.92, 1959. Abstract.

EDWARDS, R. A.; McDONALD, P. *Fermentation of silage: A review*. Des Moines, IA: West, 1978. 115p.

FREIRE, E.M. *Padrão de fermentação das silagens de cinco híbridos de girassol*. 2001. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R. *Produção e utilização de silagem de girassol*. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1., 2000, Lavras. *Anais...* Lavras, MG: UFLA, 2000. p.203-236.

HARPER, F.; DONALDSON, E.; HENDERSON, A.R. et al. The potential of sunflower as a crop for ensilage and zero grazing in northern Britain. *J. Agric. Sci.*, v.96, p.45-53, 1981.

HUBBEL, D.S.; HARRISON, K.F.; DANIELS, L.B. et al. Comparison of corn silage and sunflower silage for lactating Jersey cows. *Arkansas Farm Research*, v. 34, n. 1, p. 7, 1985.

JAYME, D.G. *Qualidade das silagens de genótipos de girassol (Helianthus annuus) confeiteiros e produtores de óleo*. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

KO, H.J.F. *Consumo voluntário e digestibilidade aparente das silagens de quatro (Rumbosol 91, M734, C11, S430) genótipos de girassol (Helianthus annuus)*. 2002. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

LEITE, L.A. *Silagem de girassol e associações para vacas leiteiras em lactação*. 2007. 105f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

LEITE, L.A. *Silagem de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras*. 2002. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

LEITE, L.A.; SILVA, B.O.; REIS, R.B. et al. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.1192-1198, 2006.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

McGUFFEY, R.K.; SCHINGOETHE, D.J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1109-1113, 1980.

MORRISON, S.B. *Alimentos e alimentação dos animais*. 2.ed. São Paulo: Melhoramentos, 1966. 892p.

PEREIRA, L.G.R. *Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus*) para produção de silagem*. 2003. 160f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

PORTO, P.P. *Perfil de fermentação das silagens de 3 genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) com aditivos*. 2002. 66f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

REZENDE, A.V.; EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R. et al. Avaliação do potencial do girassol (*Helianthus annuus* L.) como planta forrageira para ensilagem na safrinha, em diferentes épocas de cortes. *Ciênc. Agrotecnol.*, v.26, ed. esp., p.1548-1553, 2002.

RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; MIZUBUTI, I.Y. et al. Silagem de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. *Ciênc. Rural*, v.32, p.299-302, 2002.

SCHINGOETHE, D.J.; SKYBERG, E.W.; ROOK, J.A. Chemical composition of sunflower silage as influenced by additions of urea, dried whey and sodium hydroxide. *J. Anim. Sci.*, v.50, p.529-625, 1980.

SCHUSTER, W. [Sunflower, an ideal fodder plant]. *Herb. Abstr.*, v.25, p.225, 1955. Abstract.

SILVA, B.O.; LEITE, L.A.; FERREIRA, M.I.C. et al. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v.56, p.750-756, 2004.

SNEDDON, D.M., THOMAS, V.M., ROFFER, R.E. et al. Laboratory investigations of hydroxide-treatment sunflower or alfafa-grass silage. *J. Anim. Sci.*, v.53, p.1623-1628, 1981.

SOUZA, B.P.S. *Momento de colheita de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.)*. 2002. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

THOMAS, V.M.; MURRAY, G.A.; THACKER, D.L. et al. Sunflower silage in rations for lactating Holsteins cows. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.267-270, 1982.

TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P. et al. Características químicas e digestibilidade *in vitro* de silagens de girassol. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, supl.1, p.1672-1682, 2004.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. *Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação*. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2003a. 20p. (Documentos, 57).

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v.55, p.756-762, 2003b.

TOSI, H.; SILVEIRA, A.C.; FARIA, V.P. et al. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus*) como planta para a ensilagem. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.4, p.39-48, 1975.

VALADARES FILHO, S.C., ROCHA Jr, V.R., CAPPELLE, E.R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, MG: UFV, 2001. 297p.

VALDEZ, F.R.; HARRISON, J.H.; DEETZ, D.A. et al. *In vivo* digestibility of corn and sunflower intercropped as a silage crop. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.1860-1867, 1988a.

VALDEZ, F.R.; HARRISON, J.H.; FRASEN, S.C. Effect of feeding sunflower silage on milk production, milk composition, and rumen fermentation of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2462-2469, 1988b.

VALLE, C.A.; VIEIRA, F.A.F.; BORGES, I. et al. Efeito do uso de aditivos na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, extrato etéreo e frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: SBZ, 2001a. CD-ROM.

VALLE, C.A.; VIEIRA, F.A.F.; BORGES, I. et al. Efeito do uso de aditivos nos teores de carboidratos solúveis e de ácidos orgânicos de silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: SBZ, 2001b. CD-ROM.

VANDERSALL, J.H.; LANARI, D. Sunflower versus corn silage at two grain ratios fed to cows. *J. Dairy Sci.*, v.56, p.1384, 1973. Abstract.

CAPÍTULO 4

SILAGEM DE SORGO PARA GADO DE LEITE

Wilson Gonçalves de Faria Jr.¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Daniel Ananias de Assis Pires³, José Avelino Santos Rodrigues⁴, Matheus Anchieta Ramirez⁵

RESUMO

A intensificação dos sistemas de produção de leite, com aumentos no potencial genético e na produtividade dos animais, associada à necessidade de suplementação volumosa no período seco, vem aumentando a demanda de produção de volumosos conservados para suplementação em sistemas confinados ou semiextensivos. Nesse sentido, o sorgo surge como opção em substituição ao milho, principalmente em regiões com riscos de veranicos ou em sistemas de cultivo em safrinha. Além disso, o menor custo e a semelhança ao valor nutritivo do milho tornam o sorgo uma opção de volumoso para o balanceamento de dietas de vacas de leite. Nesse capítulo serão discutidos alguns aspectos relevantes da utilização da silagem de sorgo nas dietas de vacas de leite, assim como a qualidade fermentativa, o valor nutritivo e o desempenho produtivo de vacas leiteiras.

INTRODUÇÃO

As forrageiras tropicais apresentam estacionalidade de produção, ocorrendo sobra de alimento no período chuvoso e no período seco. A necessidade de intensificação da produção animal no Brasil obriga o produtor a fornecer alimentos de qualidade durante todo o ano. Sendo assim, o uso de forragens conservadas se torna uma ferramenta de importância na pecuária moderna. Devido a essa estacionalidade da produção de volumosos, muitos produtores optam pela conservação de forragem na forma de silagem.

Para produção de silagem, o sorgo tem se destacado por sua facilidade de cultivo (Neumann et al., 2002), pelos altos rendimentos (Lima, 2008), pela menor exigência em umidade e especialmente pela qualidade fermentativa da silagem produzida, garantida pela adequada concentração de carboidratos solúveis, essenciais para a fermentação láctica sem necessidade de aditivos para estimular a fermentação (Zago, 1991), e pelo valor nutritivo semelhante à silagem de milho.

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. wilsonvet2002@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., Professor do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, Bolsista FAPEMIG. piresdaa@gmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, DSc., EMBRAPA Milho e Sorgo, Caixa Postal 285, CEP 35701-970, Sete Lagoas, MG, avelino@cpnms.embrapa.br

⁵ Médico Veterinário, Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, matheusarta@yahoo.com.br

Em regiões áridas e semiáridas, o sorgo tem sido cultivado como primeira cultura; já em regiões de melhor distribuição de chuvas, tem apresentado boa adaptação ao cultivo de safrinha (Demarchi et al., 1995; Pedreira et al., 2003). Assim, o sorgo na forma de silagem mostra-se como alternativa de grande impacto na alimentação suplementar para os períodos de escassez de alimentos em rebanhos leiteiros de diferentes níveis produtivos (Cabral et al., 2002; Correa et al., 2007).

Diante disso, no Brasil, o sorgo vem sendo amplamente utilizado para este propósito. Ademais o fato de a cultura permitir o aproveitamento da rebrota, já que seu sistema radicular permanece vivo após o corte, possibilita a utilização na forma de pastejo ou corte verde, fornecido diretamente ao cocho, seja por corte manual ou mecânico. Esses fatores são determinantes para o sucesso da cultura. Aliado a tais fatores, o sorgo é menos sujeito a roubos em culturas próximas a centros urbanos do que o milho.

O Brasil é destaque no cenário mundial no cultivo de sorgo. O grande número de híbridos e a variedade de sorgo colocados em ensaios de avaliação e no mercado nacional demonstram a grande variabilidade genética desta espécie. Tal característica vem sendo explorada pela Embrapa, em seu Programa de Melhoramento Genético de Milho e Sorgo, com o objetivo de selecionar híbridos com melhores características agrônomicas (maior produtividade, melhor relação colmo/folha:panícula e resistência a doenças), e melhor valor nutritivo (digestibilidade da fibra e grãos de textura macia).

1. PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SORGO

Devido aos mais variados tipos de sorgos e à enorme diversidade de cultivares, às condições de manejo, climáticas e de fertilidade do solo, a literatura apresenta uma ampla variação nos dados de produção de matéria seca. Cultivares de sorgo forrageiro em ótimas condições de clima e de fertilidade apresentam produtividades elevadas que geralmente superam as produtividades do milho. Por outro lado, em condições marginais de cultivo, a menor exigência quanto ao tipo e à fertilidade do solo bem como a capacidade de suportar extensos períodos de falta de água e rebrotar rapidamente depois da ocorrência de chuvas que umedecem suficientemente o solo destacam o sorgo em comparação ao milho, que se mostra uma cultura mais exigente em fertilidade e pluviosidade. Portanto, a utilização de sorgo se torna uma vantagem para produção de silagem em regiões de climas áridos ou sujeitos à ocorrência de veranicos e em solos pobres onde o milho não se sobressai, o que reduz os riscos de perdas na cultura.

De forma semelhante, o estágio de crescimento afeta a produção de matéria seca por também alterar as proporções de colmo, folha e panícula da planta de sorgo. Na Tabela 1, são apresentados os resultados obtidos por Zago (1991) para proporções de colmo, folha, panícula e produtividade da matéria seca em função do estágio de crescimento de plantas de sorgo de porte alto (AG-2002), porte médio (AG-2004-E) e porte baixo (AG-2005-E). A proporção das partes da planta é um importante fator determinante da produtividade e qualidade das silagens produzidas.

Tabela 1. Porcentagem de colmos (%C), folhas (%F) e panículas (%P) na matéria seca e produtividade de matéria seca (PMS) em toneladas por hectare em função da época de colheita.

Estádio de colheita	AG-2002				AG-2004-E				AG-2005-E			
	%C	%F	%P	PMS	%C	%F	%P	PMS	%C	%F	%P	PMS
Grão leitoso	67	23	10	14,2	58	25	18	11,5	49	27	24	10,7
Grão pastoso	64	18	19	15,3	48	21	32	13,2	35	21	44	11,6
Grão farináceo	63	15	23	18,8	46	16	39	14,6	34	17	49	10,8
Grão duro	69	13	19	16,2	48	16	34	12,5	35	16	50	10,8

Fonte: Adaptado de Zago (1991).

De acordo com Corrêa (1996), a produção de matéria seca de híbridos de duplo propósito e a de um híbrido forrageiro aumentaram com o avanço do estágio de maturação, com os maiores valores observados nos estádios de grão pastoso e farináceo.

2. MOMENTO DE ENSILAGEM

A obtenção de uma silagem de alta qualidade depende principalmente da colheita da forrageira num momento ótimo do seu estágio de desenvolvimento (Araújo et al., 2007). A maturação das forrageiras eventualmente envolve declínio do valor nutritivo devido principalmente ao acúmulo de constituintes da parede celular. A acumulação de nutrientes é peculiar de cada espécie, mas sofre influência de fatores como temperatura, luminosidade, disponibilidade de água, adubação, tipo de solo e variação quanto ao genótipo (variedade e/ou híbrido). Alguns híbridos atingem o teor de matéria seca ideal no estágio de grão farináceo, e outros no de grão leitoso para grão pastoso (Molina et al., 2000).

Pires et al. (2006) avaliaram a qualidade e o valor nutricional das silagens de dois híbridos de sorgo de duplo propósito (AG 2006 e BR700) e um forrageiro (BR601) com a colheita das plantas em oito estádios de maturação dos grãos. Esses autores relataram aumentos nos teores de matéria seca (MS) e lignina, que foram acompanhados de reduções nas frações fibrosas e proteína com o avanço do estágio de maturação. Já os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) mostraram comportamentos variáveis, com redução nos teores para o híbrido forrageiro. As reduções nas frações fibrosas foram associadas ao aumento da participação dos grãos na composição da planta; já nos híbridos forrageiros, devido à menor quantidade de grãos, a redução na qualidade da fibra resulta em redução no valor nutritivo em estádios mais avançados de maturação. De modo semelhante, Araújo et al. (2007) avaliaram três híbridos de sorgo de porte médio com boa produção de grãos (BR700, BR701 e Massa-3) em cinco épocas de corte da planta, com os grãos variando entre os estádios de grãos leitosos a grãos duros. Esses autores observaram aumentos ($p < 0,05$) nos teores médios de MS, mas não houve alteração no valor nutricional das silagens com o avanço da maturidade da planta. O aumento

dos grãos e, conseqüentemente, de amido altamente digestível com o avanço do estágio de maturação dependendo da proporção no total de matéria seca da silagem é capaz de superar a redução no valor nutricional das frações de colmo e folhas com a maturidade da planta (Zago, 1991).

Já Faria Jr. (2008) avaliou o comportamento produtivo e nutricional do sorgo BRS-610 em oito estádios de maturação do grão. O BRS-610 é um sorgo forrageiro de boa proporção de grãos, que se destaca pelas excelentes características agrônômicas de produtividade e pela resistência a pragas e doenças. Esse autor observou aumento na produção de MS e na participação da panícula com a maturidade da planta do florescimento até o estágio de grãos farináceos. Houve aumento nos teores de MS e, apesar de terem ocorrido reduções nos níveis de proteína, os valores de DIVMS não foram alterados, graças às reduções nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), resultantes da maior participação de amido do grão na matéria seca total. O autor concluiu que os melhores momentos de ensilagem para esse híbrido estão compreendidos entre os estádios de grãos pastosos e farináceos, pois, em estádios mais avançados, ocorre perda na qualidade do material.

Por outro lado, a fim de garantir um teor de MS tido como ideal no momento da ensilagem (variando entre 27% e 37% de MS no material verde), Demarchi et al. (1995) recomendam que os sorgos com altas porcentagens de grãos sejam colhidos entre os estádios de grão leitoso e pastoso; sorgos com porcentagens médias, entre os estádios pastoso e farináceo; e sorgos com baixa porcentagem de grãos, nos estádios de grão duro. Mas o aspecto nutricional, a ensilagem do sorgo com os grãos duros pode levar à perda destes nas fezes dos animais, principalmente em dietas de vacas de alta produção, decorrente da maior resistência de degradação do grão e maior taxa de passagem da digesta em animais de alto consumo.

3. CONSERVAÇÃO DA SILAGEM

Juntamente com o teor de matéria seca e pH, outros parâmetros, como o nível de carboidratos solúveis, a relação nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (N-NH₃/NT) e os ácidos orgânicos, são utilizados para classificar as silagens quanto a sua qualidade fermentativa. No que diz respeito aos ácidos orgânicos, os ácidos acético, butírico e lático são os mais importantes.

3.1. Teor de matéria seca

O teor de matéria seca da planta é um importante fator determinante do tipo de fermentação no processo de ensilagem. Silagens que apresentem umidade muito alta têm uma série de desvantagens: primeiro, silagens muito úmidas têm um custo de produção maior, pois o transporte por quantidade de matéria seca fica mais caro; segundo, o pH de silagens muito úmidas tem que ser mais baixo para inibir o crescimento de *Clostridia spp.* Estas bactérias são indesejáveis por produzirem ácido butírico e degradarem a fração proteica com conseqüente redução do valor nutricional

da silagem; terceiro, mesmo que o nível de carboidratos solúveis seja o suficiente para promover fermentação láctica, o consumo voluntário é diminuído; e quarto, silagens muito úmidas produzem efluentes que levam à perda de nutrientes de alta digestibilidade (McDonald et al., 1991).

Os teores de MS do sorgo são correlacionados com o estágio de maturação e com a proporção entre as frações de colmo em relação às de folhas e panículas na planta (Gontijo Neto et al., 2004). As maiores taxas de acúmulo de matéria seca das folhas e panículas em relação aos colmos indicam a importância dessas frações na elevação da MS da planta com o avanço da maturidade desta. (Zago, 1992; Nogueira, 1995; Corrêa, 1996; Araújo, 2002). Pereira et al. (1993) e Silva et al. (1999a) encontraram teores de MS de 25,0%, 28,3%, 35,4% e de 24,7%, 31,9%, 37,8%, ao ensilarem sorgos de porte alto, médio e baixo, respectivamente. Já Pesce et al. (2000a) obtiveram para 20 genótipos de sorgo um teor médio de 25,7% MS (20,2% a 29,7%) no momento da ensilagem. Para silagens de sorgo, os resultados da literatura indicam a possibilidade de produção de silagens de boa qualidade nutricional e bom padrão fermentativo com materiais ensilados com teores de matéria seca variando de 20% a 37% (Meeske et al., 1993; Bernardino et al., 1997; Borges et al., 1997; Brito et al., 2000b; Rocha Jr. et al., 2000a, b; Pires et al., 2006; Araújo et al., 2007; Faria Jr., 2008).

3.2. Potencial de hidrogênio (pH)

A velocidade com que ocorre a queda do pH é tão importante quanto o valor de pH final para a preservação da qualidade da silagem, pois reduz a proteólise e inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis. De modo geral, as silagens de sorgo, já nas primeiras 24 horas de fermentação, apresentam valores de pH capazes de minimizar a atividade proteolítica das enzimas e bactérias e tendem a se estabilizar antes de 10 dias transcorridos da ensilagem (McDonald et al., 1991; Borges et al., 1997; Brito et al., 2000b; Rocha Jr. et al., 2000b), com valores entre 3,6 e 4,3. Existe uma estreita relação entre as taxas e as extensões de queda do pH e o teor de MS da forragem para que ocorra inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis (Muck, 1988).

3.3. Carboidratos solúveis

Teores mínimos de 8 a 10% de carboidratos solúveis na MS são requeridos para uma adequada fermentação. Está bem definido que os sorgos utilizados no Brasil, geralmente, têm um nível de carboidratos solúveis suficiente para uma boa fermentação, com conseqüente queda no pH (Borges et al., 1997; Silva et al., 1999b; Brito et al., 2000a; Araújo, 2002). Borges (1995), Nogueira (1995) e Bernardino (1996), ao analisarem sorgos de portes alto, baixo e médio, relataram teores de carboidratos solúveis em álcool de 18%, 10% e 8%, respectivamente, no material original.

3.4. Nitrogênio amoniacal

Nas silagens consideradas com bom padrão de fermentação, os valores de nitrogênio amoniacal são inferiores a 10% do nitrogênio total, sendo a amônia derivada principalmente da deaminação de aminoácidos específicos, amidas, e da redução de nitratos pelas bactérias lácticas (Fairbairn et al., 1992). No entanto, as silagens malconservadas e com evidências de fermentações indesejáveis (clostrídias e pseudomonas) apresentam teores de nitrogênio amoniacal acima de 15%, o que indica quebra excessiva da fração proteica. Nessas silagens, a degradação proteolítica envolve consumo de ácido láctico e acético para produção de ácido butírico, resultando em aumento do pH da silagem. Os teores de nitrogênio amoniacal em silagens de sorgo variam de 0,5 a 7,8% do nitrogênio total. Faria Jr. (2008) encontrou valores de nitrogênio amoniacal na silagem variando de 1,25 a 5,99%. Os valores elevaram-se com o avanço do estágio de maturação da planta de florescimento a grãos duros, no momento de ensilagem. Por outro lado, Pires et al. (2006) observaram reduções para esse parâmetro (6,03-7,79%) com o avanço da maturidade da planta, e Araújo et al. (2007) não relataram efeito do estágio de maturação sobre os níveis de nitrogênio amoniacal nas silagens de três híbridos de sorgo cujos valores variaram de 5,53 a 7,12%.

3.5. Ácidos orgânicos

Dentre os ácidos orgânicos, o ácido láctico é o principal por apresentar maior constante de dissociação (K_d), sendo responsável pela redução do pH a valores inferiores a 4,2 e, conseqüentemente, inibição de microrganismos indesejáveis. Os conteúdos de ácido acético estão relacionados às menores taxas de decréscimos e maiores valores finais de pH nas silagens, como resultado da ação prolongada de enterobactérias, bactérias lácticas heterofermentativas e, em menor porção, por clostrídios. O conteúdo de ácido butírico reflete a extensão da atividade clostridiana sobre a forragem ensilada e está relacionado a menores taxas de decréscimo, maior valor final de pH e de nitrogênio amoniacal nas silagens, indicando processos fermentativos ineficientes (Fisher e Burns, 1987). Silagens bem-conservadas apresentam valores de ácido láctico próximos de 8-10% na MS, de ácido acético inferiores a 2,5% na MS e de ácido butírico inferiores a 0,3% da MS (Tomich et al., 2003). Os valores mínimos de ácido láctico para garantir boa conservação da silagem são variáveis em função dos teores de MS, velocidade de confecção da silagem e taxa de queda nos valores de pH. Em silagens de sorgo, Araújo et al. (2007) citam valores de ácido láctico variando de 6,30 a 15,42% na MS, superiores aos valores de Rocha Jr. et al. (2000b) (3,2 a 8,5%), Ferreira (2005) (3,37 a 5,57%) e Ibrahim (2007) (4,15 a 6,31%). Contudo, esses últimos autores afirmam ter obtido silagens de excelente a boa qualidade, com baixos níveis de ácido acético, butírico e de nitrogênio amoniacal.

Assim, as variações encontradas entre as silagens são decorrentes das diferenças intrínsecas aos híbridos com respeito aos conteúdos de MS, aos carboidratos e às relações das partes da planta, bem como das diferenças quanto aos processos de ensilagem (estágio de maturação da planta, velocidade de ensilagem, uso de aditivos).

4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE

Observa-se uma grande variabilidade entre a composição de nutrientes nos diferentes híbridos de sorgo. Na Tabela 2, são apresentadas a composição químico-bromatológica e a digestibilidade *in vitro* de silagens de sorgo observadas na literatura, tendo o valor da composição da silagem de milho como referência. Estas variações devem-se principalmente a diferentes proporções entre colmo, folhas e panícula, bem como às diferenças no valor nutritivo destas frações entre os híbridos. Isso reflete a enorme variabilidade genética entre os genótipos e o potencial do melhoramento genético no desenvolvimento de híbridos modernos de alto valor nutritivo, que proporcionariam alto desempenho animal semelhante ou superior aos obtidos com silagens de bons híbridos de milho.

Em híbridos de sorgo de porte médio ou baixo, normalmente os teores de proteína bruta têm se mostrado superiores aos de porte alto em função de maior participação das folhas, panículas e grãos na massa ensilada (Zago, 1991). Diferenças entre regiões, épocas de cultivos e manejo de ensilagem, como altura de corte, são fatores que também influenciam nas diferentes respostas sobre a composição química entre as silagens de sorgo.

Tabela 2. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade da matéria seca (DMS) da silagem de sorgo e milho de vários experimentos.

Silagem de sorgo (%MS)							
Material	MS	PB	FDN	FDA	LIG	DMS	Autor
	30,6	6,8	51,7	34,7	9,5	-	Aydin et al. (1999).
20 híbridos	27,5	8,6	55,9	32,9	3,9	-	Pesce et al. (2000b)
7 híbridos	23,1 a	4,9 a	54,5 a	30,1 a	3,4 a	50,2 a	Rocha Jr. et al. (2000b) ¹
	36,1	9,7	61,7	36,4	5,8	58,5	
	20,6	9,1	70,3	45,1	4,9	-	Fontanelli et al. (2002) ¹
Corte alto ou baixo	34,3	6,5	42,5	25,4	-	63,6	Restle et al. (2002) ¹
	38,4	6,6	52,5	28,4	-	53,6	
8 híbridos	34,4 a	6,5 a	57,0 a	29,8 a	3,6 a	64,1 a	Pedreira et al. (2003) ¹
	39,1	8,8	70,3	36,2	5,5	68,4	
AG 2002	27,3	5,6	62,4	35,6	5,0	60,1	Silva et al. (2006) ²
AG 2006	33,3	7,1	42,4	26,5	3,1	57,8	
BR 601	28,8	5,9	53,8	31,7	3,6	56,6	Pires et al. (2006) ¹
BR 700	32,5	7,1	57,8	33,3	5,0	53,5	
BR 700	39,3	6,4	62,4	38,1	6,8	45,2	
BR 701	34,5	7,0	58,6	35,5	5,3	53,3	Araújo et al. (2007) ¹
Massa 3	41,0	6,5	57,8	35,3	5,2	51,4	
Granífero	45,9	11,0	47,4	24,2	3,6	69,7 ³	Nascimento et al. (2008) ³
Sacarino	26,2	9,8	54,6	27,5	3,0	65,9 ³	
Sorgo	29,57	7,54	57,85	31,79	4,77	56,61	Valadares Filho et al. (2006) ¹
Milho	30,89	7,20	55,46	30,59	4,89	56,71	

¹Digestibilidade *in vitro* da MS; ²digestibilidade aparente da MS; ³NDT

De modo geral, os nutricionistas consideram que o valor nutricional da silagem de sorgo equivale entre 80 e 90% do valor nutritivo da silagem de milho, devido à menor quantidade de grãos, por apresentar perdas de grãos nas fezes dos animais (Mello, 2004) e colmos de menor digestibilidade, refletindo em menor degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens, que, segundo Resende et al. (2003), corresponde a 84% da encontrada para a silagem de milho. Por outro lado, os resultados de pesquisa recente mostram que há, à disposição no mercado, materiais de mesmo nível nutricional e que têm propiciado desempenhos animais semelhantes e com menores custos.

5. DESEMPENHO ANIMAL

Lusk et al. (1984), avaliando silagens de milho e sorgo, não observaram diferenças na produção de leite (24,4 x 24,7 L/dia) e encontraram valores de digestibilidade aparente da matéria seca variando de 59,8 a 61,4% e de 58,3 a 58,8%, para milho e sorgo, respectivamente. No entanto, Lusk et al. (1984) e Gomide et al. (1987) encontraram ingestões de matéria seca maiores para silagens de sorgo que para silagens de milho (1,83 x 2,64% do peso vivo (PV) e 1,68 e 2,00% PV, respectivamente, para milho e sorgo). Bezerra et al. (1993), analisando o valor nutricional de silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo, encontraram maiores valores de consumo de matéria seca (66,7g/UTM- unidade de tamanho metabólico), de proteína bruta (7,7g/UTM), de proteína digestível (4,8g/UTM) e de energia bruta (325,4Kcal/UTM) para as silagens de rebrota de sorgo aos 98 dias. O pastejo direto de rebrotas pode causar intoxicação por ácido cianídrico em plantas jovens, inferiores a 60cm, em alguns cultivares de sorgo.

Nichols et al. (1998) compararam o efeito da silagem de sorgo e silagem de milho na dieta de vacas Holandesas de alta produção. Não foram observadas por estes autores diferenças no consumo de matéria seca, na produção e composição do leite, referentes ao fornecimento das respectivas silagens, como pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo de matéria seca, produção e composição do leite de vacas de alta produção alimentadas com silagem de milho e silagem de sorgo.

	Silagem de milho	Silagem de sorgo
Consumo de MS (kg/dia)	25,53	25,86
Produção de leite (kg/dia)	36,56	36,86
Gordura (%)	3,16	3,23
Proteína (%)	3,07	3,10
Lactose (%)	5,06	4,75

Fonte: Adaptado de Nichols et al. (1998).

Dias et al. (2001) avaliaram o efeito do estágio vegetativo do sorgo em comparação à silagem de milho para vacas de leite. Esses pesquisadores observaram que a silagem de milho proporcionou maior consumo de MS da silagem e da dieta total em relação às silagens de sorgo (Tabela 4). A produção de leite e o leite corrigido para 4% de gordura (LCG) foram superiores para a silagem de milho em comparação à silagem de sorgo com o grão leitoso. Já a silagem de sorgo no estágio de emborrachamento mostrou resultados intermediários e semelhantes ao milho. Os teores de gordura do leite não diferiram quanto ao tipo de volumoso.

Tabela 4. Consumos médios diários de matéria seca das silagens e da dieta total, produção de leite e teor de gordura do leite de vacas recebendo silagem de milho (SM), silagem de sorgo no estágio de emborrachamento (SSE) ou silagem de sorgo no estágio de grão leitoso (SSL).

Parâmetros	Tratamentos		
	SM	SSE	SSL
Silagem (kg de MS/dia)	4,93a	4,20b	3,69b
Dieta total (kg de MS/dia)	12,66a	11,43b	10,68b
Produção de leite (kg/dia)	15,2a	14,3ab	12,6b
Produção corrigida (4% de gordura)	14,1a	13,2ab	11,6b
Gordura do leite (%)	3,6a	3,4a	3,6a

Letras iguais, na linha, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Dias et al. (2001).

O tipo de sorgo influencia na composição química das silagens e pode ter reflexos no desempenho animal. Deste modo, silagens de sorgo granífero, rico em grãos, ou sacarino, com elevados teores de açúcares, foram comparadas à silagem de milho quanto a sua influência no desempenho de vacas leiteiras por Nascimento et al. (2008). Esses autores observaram que os animais alimentados com silagem de sorgo granífero apresentaram maior consumo de silagem e de ração total em comparação àqueles alimentados com as silagens de milho ou de sorgo sacarino, e este resultou em menor consumo que silagens de milho (Tabela 5). As produções de leite total e LCG foram superiores entre as vacas alimentadas com silagem de milho, e não diferiram entre as silagens de sorgo. A porcentagem de gordura do leite das vacas alimentadas com silagem de sorgo sacarino foi superior (4,56%) em comparação àqueles alimentadas com silagem de milho (4,39%) ou silagem de sorgo granífero (4,31%). Já para porcentagem de proteína no leite, os maiores valores (3,25%) foram observados em vacas alimentadas com silagem de milho, o valor intermediário em vacas alimentadas com silagem de sorgo sacarino (3,05%), e o menor naquelas alimentadas com o uso de silagem de sorgo granífero (2,97%). No entanto, as produções diárias de gordura e proteína foram semelhantes entre os sorgos e inferiores ao milho. Esses resultados indicam maior eficiência produtiva (LCG/IMS total) com o uso de silagem de milho (1,39), seguida pela silagem de sorgo sacarino (1,34) e silagem de sorgo granífero (1,11), respectivamente.

Zago (1991) citou, em sua revisão de literatura, que a produção dos animais alimentados com sorgo foi 11,5% inferior aos alimentados com silagem de milho. No mesmo trabalho, foi relatado que vacas leiteiras alimentadas com sorgo de duplo propósito (porte médio) mostraram maior produção de leite em relação às vacas que receberam silagem de sorgo de porte alto, e produção semelhante aos animais alimentados com silagem de milho, o que está associado à maior participação dos grãos na massa ensilada, conferindo maior valor energético à silagem.

Por outro lado, Oliver et al. (2004) avaliaram silagens de sorgo normal ou mutantes portadores de nervura marrom (bmr-6 e bmr-18) em comparação à silagem de milho para vacas leiteiras de alta produção. A síntese dos resultados desse trabalho encontra-se na Tabela 6.

Tabela 5. Ingestão, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho (SM), silagem de sorgo granífero (SG) ou silagem de sorgo sacarino (SS).

Parâmetros	SM ¹	SG ²	SS ³
Ingestão de silagem (kg MS/dia)	17,02b	17,64a	13,64c
Ingestão total (kg MS/dia)	21,95b	22,98a	19,43c
Ingestão média MS (100 kg PV corrigido)	3,93b	4,22a	3,37c
Produção de leite total (kg/dia)	28,81a	24,69b	24,14b
Produção corrigida 4% de gordura (LCG)	30,65a	25,63b	26,10b
Gordura no leite (kg/dia)	1,28a	1,05c	1,09b
Proteína no leite (kg/dia)	0,94a	0,72b	0,73b
Gordura (%)	4,39b	4,31b	4,56a
Proteína (%)	3,25a	2,97c	3,05b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹Silagem de milho (SM); ²Silagem de sorgo granífero (SG); ³Silagem de sorgo sacarino (SS).

Fonte: Nascimento et al. (2008).

As ingestões de matéria seca não diferiram entre as silagens, contudo as ingestões de FDN foram superiores para as silagens de sorgo normal, enquanto as silagens de sorgo mutante (Bmr-6 e Bmr-18) e a silagem de milho mostraram valores semelhantes. As digestibilidades da matéria seca das silagens de sorgo Bmr foram semelhantes à silagem de milho e superiores à silagem de sorgo normal. Já as digestibilidades da FDN foram superiores para a silagem Bmr-6 e a silagem de milho. Não houve diferenças quanto à digestibilidade da proteína, porém a digestibilidade do amido foi semelhante entre as silagens de sorgo e inferior à silagem de milho. Nota-se que as vacas alimentadas com silagem de sorgo normal apresentaram menores produções de leite, gordura, LCG e menores teores de gordura que os animais alimentados com silagem de milho, porém as produções obtidas com os animais alimentados com a silagem de sorgo de nervura marrom foram semelhantes ($P < 0,05$) e garantiram a mesma produção dos animais alimentados com silagem de milho. Os resultados obtidos para proteína no leite foram semelhantes entre os tratamentos. A eficiência produtiva foi semelhante entre as silagens de sorgo com nervura marrom e

as silagens de milho, sendo superior à silagem de sorgo normal. As condições de metabolismo ruminal foram semelhantes entre as silagens quanto aos parâmetros de pH, ácidos graxos voláteis totais (AGV), acetato e propionato, exceto para a relação acetato:propionato que foi superior para silagens de sorgo normal e Bmr-6, sem, entretanto, refletir em maior teor de gordura do leite para a silagem de sorgo normal. Diante dos resultados obtidos, observa-se o potencial dos híbridos portadores de nervura marrom na obtenção de silagens de melhor qualidade nutricional e com potencial de manter produtividades semelhantes às silagens de milho. Esses resultados estão de acordo com os dados obtidos por Aydin et al. (1999) e Miron et al. (2007). A Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com o Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, vem estudando o potencial dos híbridos de sorgo e milho portadores de nervura marrom sob condições brasileiras.

Tabela 6. Influência do tipo de silagem na ingestão e digestibilidade, no desempenho e nos parâmetros ruminais de vacas leiteiras.

Parâmetros	Sorgo normal	Sorgo Bmr-6 ¹	Sorgo Bmr-18 ²	Silagem de milho
IMS				
(kg/dia)	23,2	25,2	23,2	24,3
(% peso vivo)	3,67	3,79	3,65	3,81
Ingestão FDN				
(kg/dia)	10,4 a	9,0 b	9,9 ab	9,0 b
(% peso vivo)	1,62 a	1,43 b	1,53 ab	1,42 b
Digestibilidade da dieta				
Matéria seca	52,5b	62,9 a	69,1 a	60,9 a
Proteína bruta	51,3	59,4	59,2	51,4
FDN	40,8 c	54,4 a	47,9 b	54,1 a
Amido	85,7 b	82,3 b	79,7 b	91,7 a
Produção de leite (kg/dia)				
LCG 4% (kg/d)	31,0 b	34,1 a	32,2 ab	33,8 a
Gordura do leite				
%	3.57b	3.89a	3.77ab	3.88a
kg/d	1.11b	1.34a	1.22ab	1.32a
Proteína do leite				
%	2.89	2.89	2.98	2.97
kg/d	0.91	0.99	0.96	1.00
IMS/LCG	1.25b	1.37a	1.35a	1.38a
pH ruminal				
pH ruminal	5,96	5,96	5,87	5,92
AGV totais				
AGV totais	123,0	118,9	124,8	123,7
Acetato				
Acetato	75,1	72,1	73,2	73,3
Propionato				
Propionato	26,8	26,2	30,3	30,2
Acetato:Propionato				
Acetato:Propionato	2,78 a	2,77 a	2,44 b	2,49 b

¹Silagem de sorgo de nervura marrom BMR-6; ²silagem de sorgo de nervura marrom BMR-18.

Fonte: Oliver et al. (2004).

Valvasori et al. (1998b) avaliaram a substituição da silagem de sorgo granífero por silagem de cana-de-açúcar em vacas no terço inicial da lactação. Os consumos de MS, PB e NDT das dietas foram semelhantes. Os ganhos de pesos, as produções de LCG e os teores de gordura não diferiram entre os tratamentos, contudo a silagem de sorgo granífero proporcionou maior produção de leite em relação à silagem de cana-de-açúcar, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Produções de leite e taxas de gordura láctea em vacas alimentadas com silagem de sorgo granífero, silagem de sorgo granífero + silagem de cana-de-açúcar e silagem de cana-de-açúcar.

Silagem	Kg leite/vaca/dia	Kg leite/vaca/dia corrigido a 3,5% gordura	Teor de gordura
Sorgo granífero	12,93a*	13,11a	3,64a
Sorgo granífero e cana-de-açúcar	12,34ab	12,72a	3,81a
Silagem de cana-de-açúcar	11,78b	11,87a	3,58a
Média geral	12,38	12,57	3,68
C.V(%)	4,10	9,59	13,95

*valores na mesma coluna, seguidos por letras diferentes, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste SNK. Fonte: Valvasori et al. (1998b).

Valvasori et al. (1998a), em outro estudo, avaliaram o consumo e o desempenho de bezerros leiteiros alimentados com silagem de sorgo granífero ou silagem de cana-de-açúcar como único volumoso e suplementado com farelo de algodão. Embora as ingestões totais de MS e PB tenham sido muito próximas, os ganhos de peso e as conversões de MS e PB em ganhos de peso foram superiores para o tratamento com silagem de sorgo, em relação à silagem de cana-de-açúcar.

O uso de silagens de sorgo associadas à palma forrageira para vacas Holandesas de produção mediana (27kg/leite/dia) tem sido uma alternativa de suplementação interessante em regiões semiáridas. Wanderley et al. (2002) e Andrade et al. (2002) avaliaram o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas no terço inicial da lactação alimentadas com dietas à base de silagem de sorgo com níveis crescentes de palma forrageira e 43% de concentrado. As vacas alimentadas com silagem de sorgo como único volumoso apresentaram consumo de MS de 20,95kg/dia ou 3,59% do peso vivo (PV) e consumo de FDN de 8,25kg/dia ou 1,40% PV. Na silagem de sorgo, os valores obtidos de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos e teor de NDT foram de 73,15%, 76,20%, 64,56%, 89,06% e 73,84%, respectivamente. Já as silagens de sorgo garantiram produções diárias de leite e LCG de 24,98kg e 26,59kg, respectivamente, com uma conversão alimentar de 0,83. Esses autores observaram que a inclusão de 17% de palma forrageira foi o nível que resultou nos melhores valores de digestibilidades aparentes da matéria seca e carboidratos totais e maior valor de NDT

das dietas. O aumento de carboidratos não estruturais na dieta proporcionado pela palma forrageira promoveu efeito associativo positivo na melhoria da digestibilidade da dieta, sem comprometer o consumo ou as produções de leite.

Silva et al. (2005) avaliaram a substituição da silagem de sorgo por xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) até níveis de 50% da dieta com 30% de concentrado. Esses autores relataram consumos e digestibilidades aparentes da MS e do FDN de 2,83% PV e 1,48% PV e 65,0% e 57,6%, respectivamente, para dietas com silagem de sorgo como volumoso único. A inclusão de xiquexique não comprometeu o consumo, a digestibilidade dos nutrientes da dieta ou o desempenho produtivo dos animais, que apresentaram produções médias diárias de leite e LCG de 14,8kg e 13,4kg, refletindo em uma conversão alimentar média de 0,87. Os resultados da literatura mostram uma boa associação da palma forrageira e outras cactáceas a silagens de sorgo para suplementação de vacas em lactação de média produção no nordeste brasileiro.

Os efeitos do uso de inoculante microbiano-enzimático em silagens de sorgo ou milho sobre o consumo e a digestibilidade dos componentes nutritivos das silagens foram avaliados por Silva et al. (2006). Não houve diferenças quanto aos valores de consumo ou digestibilidade aparente ruminal, intestinal ou total entre as silagens. O ambiente ruminal, referente aos valores de pH e concentrações de amônia ruminal, bem como a taxa de passagem da digesta não foram influenciados pelas dietas. Esses autores concluíram que as dietas foram nutricionalmente equivalentes, pois não se evidenciou mérito atribuído a silagens confeccionadas com uso do inoculante microbiano-enzimático.

As diferenças observadas na literatura se devem às distintas condições experimentais e à grande variabilidade genética do sorgo, comprovando, assim, a dificuldade de se comparar de forma justa as silagens de sorgo com outros volumosos como a silagem de milho. Conforme evidenciado, a silagem de sorgo pode ser utilizada como fonte única de volumoso para vacas leiteiras.

6. TANINOS

Os taninos são compostos fenólicos com alto peso molecular (500 a 3000), sendo capazes de formar ligações com proteínas e outras macromoléculas como os carboidratos. Esses compostos são classificados em dois grupos: os hidrolisáveis (carboidrato central com ligações de ácidos fenólicos carboxílicos) e os condensados (mistura de polímeros flavanoides) (Van Soest, 1994). Rabelo (1997) determinou que parte dos taninos do sorgo foram degradados no rúmen e que os taninos condensados (TC) desapareciam à medida que os tempos de incubação avançavam, atingindo o máximo após 72 horas de incubação ruminal. Segundo Perez-Maldonado e Norton (1996), 45% dos taninos condensados ingeridos foram degradados no rúmen e 40% dos TC que chegaram ao abomaso e intestinos foram absorvidos.

A seleção de sorgos utilizados para a produção de silagem é feita para os genótipos com baixos teores de taninos, pois existe uma correlação negativa entre os teores de

tanino e a digestibilidade da matéria seca (Zago, 1991). Segundo Cummins (1971), que estudou a influência do teor de taninos sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, em híbridos de sorgo granífero com altos e baixos teores, o processo de ensilagem reduz o teor de taninos. O mesmo foi observado por Borges (1995), que relatou uma redução significativa dos teores de taninos das silagens de sorgo com a fermentação. Nyachoti et al. (1997) afirmaram que a ensilagem é uma forma de reduzir os teores de taninos nos grãos de sorgo com alta umidade, processo que pode ser utilizado para aumentar o valor nutritivo do grão de sorgo. Entretanto, os autores relataram que a causa desta diminuição pela estocagem anaeróbica ainda não está completamente esclarecida.

Além dos componentes estruturais, os taninos apresentaram correlação negativa com a degradabilidade da matéria seca. Rodriguez et al. (1999) verificaram melhor digestibilidade da frações de FDN e FDA em sorgos sem taninos. Esses autores verificaram correlação negativa ($r=-0,34$; $P<0,01$) entre a presença de taninos e a digestibilidade da MS. Segundo Campos et al. (2003a), os genótipos com taninos (CMS XS 210 e BR 701) apresentaram, em média, menor degradabilidade efetiva da MS do que os sem taninos (BR 007 e CMX XS 214), apesar de o BR 701 ter apresentado degradabilidade similar aos genótipos sem taninos, o que pode estar associado à melhor qualidade da fibra para esse híbrido, indicando que a qualidade da fibra tem importante função na resposta à presença de taninos sobre a degradabilidade da MS, FDN e FDA (Campos et al., 2003b). A degradabilidade da proteína também foi inferior para os genótipos com taninos. Essa menor degradação da PB, provavelmente, deveu-se à presença de taninos, os quais se ligam à fração nitrogenada, podendo esse complexo tornar-se um componente do resíduo do FDA (Borges et al., 1997; Rodriguez et al., 1997; Borges et al., 1999). Isso pode ser um fator que está associado aos maiores valores de FDA para os genótipos com taninos. Entretanto, parece existir uma concentração mínima de TC necessária para que os efeitos negativos se expressem, e ressalta-se que teores mais elevados de fenóis totais podem não refletir em maiores concentrações de TC (Campos et al., 2003a).

Resultados semelhantes foram relatados por Molina et al. (2003b), que concluíram que a presença de taninos em genótipos de sorgo ensilado no estágio de grão leitoso parece ter reduzido a extensão de degradação e a degradabilidade potencial para a matéria seca e a proteína bruta nas silagens de sorgo BR 700 e BR 701. No entanto, as taxas de degradação da matéria seca e da proteína bruta das silagens (ou seja, a velocidade de degradação das silagens de sorgo) não foram influenciadas pela presença de taninos no grão. Contudo, Molina et al. (2003a) avaliaram as silagens produzidas com os mesmos híbridos, porém colhidos no estágio de grãos pastosos, e concluíram que a presença de taninos nas silagens dos sorgos BR 700 e BR 701 foi capaz de inibir somente a degradabilidade potencial da MS. Apesar da maior afinidade pelos compostos nitrogenados/proteicos, os taninos não exerceram efeito depressivo sobre a média do desaparecimento da proteína bruta em nenhuma das silagens de sorgo testadas. O mesmo ocorreu com a degradabilidade potencial e com a taxa de degradação da proteína bruta. Já Molina et al. (2002), com os mesmos híbridos colhidos no estágio de grãos farináceos, concluíram que os taninos não responderam

por nenhum efeito depressivo sobre os parâmetros estudados de degradação da matéria seca e da proteína bruta. Isso sugere menor efeito dos taninos sobre a degradabilidade da matéria seca e da proteína das silagens com o avanço do estágio de maturação da planta.

7. INTOXICAÇÃO COM REBROTA DO SORGO

O sorgo possui um heteroglicosídeo cianogênico, a durrina (C₁₄H₁₇O₇N), que, na presença de β-glicosidases no rúmen, produz ácido cianídrico (HCN), inibindo a ação de metaloenzimas, pela afinidade por íons metálicos e o transporte de oxigênio pela combinação do cianeto com a hemoglobina (ciano-hemoglobina), podendo causar anóxia histotóxica, incontinência urinária e morte fetal de bezerros (Zago, 1992; Demarchi et al., 1995; Rodrigues, 2000). Os níveis de HCN são reduzidos com o desenvolvimento das plantas, não sendo indicada a utilização de plantas de sorgo com altura inferior a 60cm (Zago, 1992; Rodrigues, 2000). O declínio do nível de HCN na maturação, de acordo com Zago (1992), está associado ao aumento proporcional das partes da planta pobres em HCN (nervura, bainha e colmos) em relação às partes ricas, que são as lâminas foliares.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em regiões semiáridas ou com risco de ocorrências de veranicos, a cultura do sorgo mostra-se como opção de produção de volumoso, apresentando menores riscos de perdas; ademais é uma opção interessante em sistemas de cultivo de safrinha.

As silagens de sorgo têm potencial para substituir as silagens de milho como volumoso único, sem comprometimento do desempenho de vacas em lactação e com possibilidade de redução de custos.

E aconselhável utilizar cultivares de sorgo sem taninos, devido à possibilidade de comprometimento do aproveitamento das silagens e consequente limitação do desempenho dos animais, principalmente animais jovens.

A utilização da rebrota deve ser realizada quando a planta ultrapassar 60cm de altura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D.K.B.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça Holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.2088-2097, 2002.

ARAÚJO, V.L. *Momento de colheita de três genótipos de sorgo para produção de silagem*. 2002. 47f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.168-174, 2007.

AYDIN, G.; GRANT, R.J.; O'REAR, J. Brown midrib shorghum in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2127-2135, 1999.

BERNARDINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] de porte médio com diferentes teores de taninos e suculência no colmo*. 1996. 87f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

BERNARDINO, M.L.A.; RODRIGUEZ, N.M.; SANTANA, A.A.C. et al. Silagem de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. I. Nitrogênio amoniacal, pH e perdas de matéria seca. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.49, p.213-223, 1997.

BEZERRA, E.S.; TIESENHAUSEN I.E.V. von; OLIVEIRA, A.I.G. et al. Valor nutricional das silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.1044-1054, 1993.

BORGES, A.L.C.C. *Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação*. 1995. 52f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. II. Alterações nos carboidratos durante a fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, p.491-497, 1999.

BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.49, p.441-452, 1997.

BRITO, A.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES J.A.S. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). I. Características agronômicas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.391-396, 2000a.

BRITO, A.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES J.A.S. et al. Avaliação da silagem de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). II. Padrão de fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.491-497, 2000b.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, D. et al. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.2332-2339, 2002.

CAMPOS, W.E.; SATURNINO, H.M.; SOUSA, B.M. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino: I. Matéria seca e proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.209-215, 2003a.

CAMPOS, W.E.; SATURNINO, H.M.; SOUSA, B.M. et al. Degradabilidade *in situ* da silagem de quatro genótipos de sorgo com e sem tanino: II. Fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.450-453, 2003b.

CORRÊA, C.E.S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estádios de maturação*. 1996. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

CORREA, R.A.; SILVA, L.D.F.; BETT, V. et al. Consumo e digestibilidade aparente de alguns componentes nutritivos da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. *Semina Ciênc. Agrár.*, v.28, p.151-158, 2007.

CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agron. J.*, v.63, p.500-502, 1971.

DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. *Zootecnia*, v.33, p.111-136, 1995.

DIAS, A.M.A.; BATISTA, Â.M.V.; FERREIRA, M.A. et al. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*sorghum bicolor*, (l.) moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.2086-2092, 2001.

FAIRBAIRN, R.L.; ALLI, I.; PHILLIP, L.E. Proteolysis and amino acid degradation during ensilage of untreated or formic acid-treated lucerne and maize. *Grass For. Sci.*, v.47, p.382-390, 1992.

FARIA Jr, W.G. *Avaliação agronômica e nutricional do híbrido de sorgo BRS-610 [Sorghum bicolor (l.) Moench] e de suas silagens em oito idades de corte*. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

FERREIRA, J.J.C. *Qualidade e perfil de fermentação das silagens de seis genótipos de sorgo*. 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Nutrição Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

FISHER, D.S.; BURNS, J.C. Quality analysis of summer-annual forages. II. Effects of forage carbohydrate constituents on silage fermentation. *Agron. J.*, v.79, p.242-248, 1987.

FONTANELLI, R.S.; PRATES, E.R.; RAMOS, P. et al. Suplementação da silagem de sorgo com diferentes fontes de proteína para bovinos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.183-191, 2002.

GOMIDE, J.A., ZAGO, C.P., CRUZ, M.E. et al. Milho e sorgo em cultivos ou consorciados com soja, para produção de silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.16, p.308-317, 1987.

GONTIJO NETO, M.M.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, supl.2, p.1975-1984, 2004.

IBRAHIM, G.H.F. *Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. 2007. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Nutrição Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

LIMA, J.A.L. Princípios básicos para produção de silagem de sorgo. *PubVet*, v.2, n.36, 2008. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=348>. Acessado em: 06/04/2009.

LUSK, J.W.; KARAU, P.K., BALOGU, D.O. et al. Brown mibrid sorghum or corn silage for milk production. *J. Dairy Sci.*, v.67, p1739-1744, 1984.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MEESKE, R.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. et al. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.43, p.165-175, 1993.

MELLO, R. Silagem de milho , sorgo e gramíneas tropicais. 2004. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/007V1N1P48_58_JUL2004.pdf. Acessado em: 25 fev. 2009.

MIRON, J.; ZUCKERMAN, E.; ADIN, G. et al. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.139, p.23-29, 2007.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arq. Bras. Vet. Zootec.*, v.52, p.385-390, 2000.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estágio de grão farináceo. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.39, p.233-237, 2002.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Efeito do tanino na degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ensilados no estágio de grão pastoso. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.203-208, 2003a.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; SOUSA, B.M. et al. Parâmetros de degradabilidade potencial da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, avaliados pela técnica *in situ*. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.222-228, 2003b.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2992-3002, 1988.

NASCIMENTO, W.G.; PRADO, I.N.; JOBIM, C.C. et al. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, n.5, p.896-904, 2008.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, supl., p.302-312, 2002.

NICHOLS, S.W.; FROETSCHER, M.A.; AMOS, H.E. et al. Effects of fiber from tropical corn and forage shorgum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2383-2393, 1998.

NOGUEIRA, F.A.S. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação em condições de laboratório*. 1995. 34f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

NYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LEESON, S. Sorghum tannins: A review. *World's Poultry Sci.*, v.53, p.5-21, 1997.

OLIVER, A.L.; GRANT, R.J.; PEDERSEN, J.F. et al. Comparison of brown Midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.637-644, 2004.

PEDREIRA, M.S.; REIS, R.A.; BERCHIELLI, T.T. et al. Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1083-1092, 2003.

PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A. et al. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. *Rev. Bras. Zootec.*, v.22, p.31-38, 1993.

PEREZ-MALDONADO, R.A.; NORTON, B.W. Digestion of ¹⁴C-labelled condensed tannins from *Desmodium intortum* in sheep and goats. *Br. J. Nutr.*, v.76, p.501-513, 1996.

PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de porte médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.978-987, 2000a.

PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.250-255, 2000b.

PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JR., R.; JAYME, D.G. et al. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. *Rev. Bras. Milho Sorgo*, v.5, p.241-256, 2006.

RABELO, E. *Degradabilidade in situ de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo*. 1997. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

RESENDE, J.A.R.; PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V. et al. Ruminal silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. *Sci. Agric.*, v.60, p.457-463, 2003

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L. et al. Manipulação do corte do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para confecção de silagem, visando à produção do novilho superprecoce. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, supl., p.1481-1490, 2002.

ROCHA JR, V.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. II. Padrão de fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.512-520, 2000a.

ROCHA JR, V.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et al. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. III. Valor nutricional. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.52, p.627-633, 2000b.

RODRIGUES, J.A.S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte/ pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, Lavras, MG. *Anais...* Lavras, MG: UFLA, 2000. p.179-236.

RODRIGUEZ, N.M.; BERNARDINO, M.L.A.; GONÇALVES, L.C. et al. Silagem de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. II. Curva de fermentação de carboidratos e lignina. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.49, p.317-329, 1997.

RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, A.L.C.C.; NOGUEIRA, F.S. et al. Silagem de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. IV. Influência dos taninos sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, p.577-582, 1999.

SILVA, A.V.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo e digestibilidades dos nutrientes em bovinos recebendo dietas contendo silagens de milho e sorgo, com e sem inoculante microbiano. *Rev. Bras. Zootec.* v.35, p.2469-2478. 2006.

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, J.A.S. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+ folha/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.14-20, 1999a.

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, J.A.S. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+ folha/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.21-29, 1999b.

SILVA, J.G.M.; SILVA, D.S.; FERREIRA, M.A. et al. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1408-1417, 2005.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. *Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação.* Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2003. 20p. (Documento, 57).

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.* 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; PIRES, F.L. Desempenho de bezerros recebendo silagens de sorgo ou de cana-de-açúcar como únicos alimentos volumosos. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.35, p.229-232, 1998a.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; PIRES, F.L. et al. Silagem de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.35, p.139-142, 1998b.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.A.; ANDRADE, D.K.B. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.273-281, 2002.

ZAGO, C.P. *Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo*. Capinópolis: Sementes Agroceres, 1991. 34p.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 1992. p.9-26. (Circular Técnica, 17).

CAPÍTULO 5

O MILHETO COMO OPÇÃO PARA GADO DE LEITE

*Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Roberto Guimarães Júnior³, Fernando Pimont Pôssas⁴, Rogério Martins Maurício⁵*

RESUMO

O milheto é um cereal de grande importância mundial por ser adaptado às regiões semiáridas. É uma planta de clima tropical, produtiva, que apresenta boa composição nutricional e pode ser cultivada com sucesso no período de safrinha ou em regiões sujeitas a veranicos ou secas, onde normalmente culturas como o milho e o sorgo não se desenvolvem bem. Atualmente a cultura vem sendo utilizada para plantio direto, produção de forragem para pastejo, implantação e recuperação de pastagens e para produção de silagem e grãos. Este capítulo fornecerá informações para a adequada utilização do milheto na alimentação de gado de leite.

INTRODUÇÃO

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R.Br.) é um cereal de grande importância no mundo por ser adaptado a regiões semiáridas. Por essa característica e por apresentar teor de proteína superior ao milho, sorgo e trigo, tem sido utilizado como alimento humano sob a forma de farinhas, na confecção de pães e derivados na Ásia e África, chegando a suprir de 80 a 90% da quantidade de calorias consumida pela população de algumas dessas regiões (Burton et al., 1972).

Apresenta-se como opção promissora para o Brasil por ser uma planta de clima tropical, produtiva, com boa composição nutricional e que pode ser cultivada com sucesso no período de safrinha ou em regiões sujeitas a veranicos ou secas, onde normalmente culturas como o milho e o sorgo não se desenvolvem bem. Além disso, é um cereal que, no Brasil, não é utilizado na alimentação humana e possui pequena participação na alimentação de aves, suínos e peixes.

No Brasil, a cultura do milheto passou a ter destaque nos cerrados no início dos anos 90, quando começou a ser utilizada no sistema de plantio direto, e pode-se considerar

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. guimaraes@cpac.embrapa.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. fpimont@gmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo, Esp., MSc., Ph.D., Prof. Universidade Federal de São João Del-Rei, Dept. de Engenharia de Biosistemas, Praça Dom Helvécio, 74 - Bairro Dom Bosco, CEP 36301-160, São João Del-Rei, MG. rogeriomaucio@ufsj.edu.br

que, a partir dessa associação, o sistema conseguiu se estender às demais regiões (Martins Netto e Durães, 2005). Atualmente a cultura vem sendo utilizada para plantio direto, produção de forragem para pastejo, implantação e recuperação de pastagens e para produção de silagem e grãos.

1. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

O milheto é uma planta pertencente à família *Poaceae* (*Gramineae*), subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, subtribo *Panicinae*, gênero *Pennisetum* (Brunken, 1977). Vulgarmente denominado pearl millet, bulrush millet, spiked millet, cattail millet, bajra, pasto italiano ou capim-charuto, apresenta uma variada história taxonômica. Inicialmente era conhecido como *Pennisetum americanum* (L.) Leeke ou *P. typhoides* (L.) Stapf e Hubb, entretanto a nomenclatura atualmente reconhecida como mais apropriada e autêntica é *Pennisetum glaucum* (L) R. Br. (Andrews e Rajewski, 1995; Lima, 1997; Barbosa, 2000). O gênero *Pennisetum* está distribuído em todo o mundo, tanto nos trópicos como nos subtropicais, e abrange cerca de 140 espécies. A espécie africana *Pennisetum glaucum* (L) R. Br. é o mais antigo nome do milheto-pérola cultivado.

O milheto caracteriza-se por ser uma gramínea anual de verão, de ciclo curto, e se destaca como forrageira por sua habilidade em desenvolver-se em estações chuvosas curtas, com baixas precipitações pluviométricas e pelo crescimento rápido, boa capacidade de rebrota e boa qualidade como forragem, permitindo produção de forragem de qualidade em curto espaço de tempo (Bogdan, 1977; Lima et al., 1997; Bonamigo, 1999).

A grande tolerância desta cultura à seca deve-se ao seu sistema radicular agressivo, que pode alcançar 3,60 metros de profundidade (Skerman e Riveros, 1992, citados por Bonamigo, 1999), e à sua eficiência na transformação de água em matéria seca, pois necessita de cerca 300 a 400 gramas de água para produzir um grama de matéria seca. Estima-se que o milheto forrageiro utiliza 70% da água consumida pelo milho para produzir a mesma quantidade de matéria seca, sendo capaz de vegetar em regiões com precipitações pluviométricas inferiores a 400mm anuais, já que é cultivado na Índia, onde a pluviosidade é de apenas 130 a 180mm por ano (Perret e Scatena, 1985). O ciclo vegetativo é curto, variando de 60 a 90 dias para variedades precoces e de 100 a 150 dias para as tardias, com uma temperatura ótima de crescimento de 28 a 30°C (Perret e Scatena, 1985), não suportando temperaturas inferiores a 10°C (Skerman e Riveros, 1990). É uma cultura influenciada pelo fotoperíodo, de modo que, quanto mais tardiamente for realizado o plantio, menos dias a planta levará da germinação ao florescimento, que ocorre, geralmente, por volta de 10 a 12 semanas após o plantio. A sua utilização para pastejo pode ser feita entre quatro a seis semanas após a semeadura, ou cerca de 30 dias após a sua emergência (Bogdan, 1977; Skerman e Riveros, 1990; Kichel et al., 1999).

Vai bem em solos com altas concentrações de alumínio, baixo pH e alta salinidade, porém a cultura não resiste a solos encharcados. É tolerante à baixa fertilidade do solo, mas apresenta alta resposta de produção em solos férteis ou adubados, desenvolvendo-se melhor em solos arenosos, onde seu sistema radicular é mais vigoroso (Bogdan, 1977; Freitas, 1988; Andrews e Rajewski, 1995; Bonamigo, 1999; Kichel et al., 1999).

2. PLANTIO E SEMEADURA

A lavoura do milho é estabelecida por sementes, jogadas a lanço ou plantadas em sulcos. O plantio a lanço pode ser em área sem cultura instalada ou em área cultivada com cultura em estágio de colheita (sobre semeadura). Nessas condições, a semeadura a lanço pode ser feita manualmente, com equipamento aplicador de calcário ou por avião (Pereira Filho et al., 2003), sendo que as sementes devem ser incorporadas levemente com grade niveladora, tanto após a colheita da cultura de verão quanto na primavera (Bonamigo, 1999). Segundo Maraschin (1979), para assegurar boas condições de estabelecimento, enraizamento, crescimento e rebrota, recomenda-se aração, seguida de gradagem e passagem de rolo compactador após a semeadura. O uso de uma grade leve em área não cultivada, sem chuvas, ajuda a semente a aderir ao solo e induzir ao processo de germinação, além de garantir uma boa germinação (Scaléa, 1998).

A qualidade das sementes é determinante no estabelecimento e na produção da cultura, sendo de grande importância a determinação do valor cultural das sementes (% pureza x % germinação). De acordo com Freitas (1988), tem-se verificado baixa germinação das sementes disponíveis para plantio (cerca de 42%). Sendo assim, deve-se fazer uma compensação elevando-se a densidade de semeadura. Para que haja eficiente germinação das sementes, Kichel et al. (1999) recomendam que a temperatura média do solo seja superior a 20°C, além de haver umidade suficiente para emergência das plântulas. A semeadura pode ser realizada em linhas (18 a 20kg de sementes/ha) com espaçamento entre 20 e 30cm para utilização em pastejo ou com espaçamento de 40 a 60cm (12 a 15kg de sementes/ha) para produção de grãos, sementes ou silagem. Para semeadura a lanço, recomendam-se 20% a mais de sementes/ha e, no caso de sobre semeadura em lavouras de soja, milho, sorgo e arroz, cerca de 30 a 35Kg de sementes/ha.

A profundidade de plantio também é um fator importante para a implantação da cultura do milho devido ao pequeno tamanho da sua semente. Quando semeado em sulco para a produção de sementes ou grãos, deve-se levar em conta o tipo de solo. Em solo arenoso, a semente deve ser colocada um pouco mais profunda para ficar em contato com a umidade. Em solo argiloso, o plantio deve ser em menor profundidade, pois esse tipo de solo retém mais água na superfície. No geral, para as condições de solos do Brasil, a profundidade de semeadura pode variar de 2 a 4cm (Pereira Filho et al., 2003).

Em plantio de safrinha, após a cultura de soja ou milho, o milheto vem sendo cultivado apenas no resíduo de adubação dessas culturas, com produção bastante satisfatória no Brasil central.

3. PRINCIPAIS CULTIVARES

No Brasil, o número de cultivares de milheto é reduzido. Segundo Pereira Filho et al. (2003) e Martins Netto e Durães (2005), os cultivares de maior destaque no país, bem como as suas características, estão listados abaixo:

COMUM: De acordo com Bonamigo (1999), foi introduzido no início dos anos 60, conhecido também como pasto italiano. Apresenta porte médio (1 a 1,60m), desenvolvimento desuniforme e espiguetas de tamanho variado (12 a 25cm). Ele é utilizado basicamente para cobertura do solo em áreas de plantio direto (Martins Netto, 1998).

IPA-BULK 1: Variedade desenvolvida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária e pela Universidade Federal de Pernambuco, lançada em 1977, com aptidão para produção de forragem na mesorregião do agreste de Pernambuco (Tabosa et al., 1999).

SYNTHETIC-1: Variedade, também desenvolvida pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária e pela Universidade Federal de Pernambuco, adaptada à produção de grãos no sertão de Pernambuco (Tabosa et al., 1999).

BN-1 e BN-2: Variedades originadas de um trabalho de seleção massal fenotípica, com o intuito de melhorar cultivares locais utilizados no Mato Grosso do Sul (Bonamigo, 1999).

BN-1: Essa variedade apresenta porte de 170 a 230cm, tem desenvolvimento muito uniforme e panículas grandes - 50cm ou mais.

BN-2: Apresenta ciclo tardio, hábito ereto, porte de 140 a 220cm, panícula grande (20 a 35cm), boa produção de sementes, grande perfilhamento e boa tolerância à acidez de solo. A variedade tem produção média de 45t de massa verde quando semeada em fevereiro e, quando semeada em março, produz cerca de 37 toneladas (t) de matéria verde (MV) por hectare (ha). É sensível ao carvão, e seu pastejo ocorre aos 45-50 dias após a emergência. A BN-2 é um cultivar indicado para plantios tardios ou na safrinha.

BRS 1501: Variedade lançada pela Embrapa Milho e Sorgo, adaptada para produção de massa em sistemas de plantio direto. Esse cultivar adapta-se a condições que oferecem riscos de déficit hídrico e apresenta bom potencial de produção de grãos (2,5 t/ha). Possui ciclo médio (floresce aos 50 dias), boa capacidade de perfilhamento e tem mostrado boa recuperação na rebrota. O seu plantio é recomendado para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul.

ENA 1: Cultivar oriundo a partir de três cultivares de origem cuja seleção visou à produção de palha e de grãos em solos de baixo teor de matéria orgânica, sem aplicação de fertilizantes e sem irrigação. Em plantios efetuados na UFRRJ sem adubação e na estação das águas, produziu 32tMV/ha na floração, 7tMS/ha e 2.600kg/ha de grãos na maturação fisiológica. No plantio das secas, nas mesmas condições, produziu 11,3tMV/ha na floração, 2,1tMS/ha e 810kg/ha de grãos na maturação fisiológica. A ENA 1 é sensível à ferrugem (*Puccinia substriata*).

ADR 300 e ADR 500: Cultivares de porte uniforme, que apresentam boa produção de grãos (1500 – 2300kg/ha) e de matéria verde (29 – 52t/MV/ha em três cortes) e maior resistência às doenças, principalmente à ferrugem. Os dois cultivares estão sendo recomendados para produção de massa e grãos, sendo que a ADR 300 apresenta ciclo precoce (92 dias até a colheita) e a ADR 500 tem ciclo tardio (100 dias).

NPM-1 (Nebraska Population Millet): É uma população de polinização aberta oriunda do programa de melhoramento da Universidade do Nebraska – USA.

CMS-3: É uma população de polinização aberta oriunda do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo.

4. PRODUÇÃO

A produção forrageira varia em função das condições climáticas, fertilidade do solo, época de semeadura, intervalo entre cortes, estágio de desenvolvimento e cultivar utilizado. Segundo Bonamigo (1993), citado por Scaléa (1998), o milheto pode produzir, sem adubação, dependendo da época de plantio, de 20 a 70t de matéria verde (MV) por hectare. Bogdan (1977) cita produções variando de três a 20 toneladas (t) de matéria seca (MS) por hectare (ha), dependendo do clima, solo, adubação e cultivares, sendo que rendimentos de 7 a 10tMS/ha podem ser aceitos como valores médios em campos experimentais e/ou fazendas bem-manejadas.

Para comparar a produção do milheto, milho e sorgo no período de safrinha, Kichel et al. (1999) avaliaram as três culturas plantadas no final de fevereiro e encontraram valores para produção de matéria seca por hectare em kg/ha de 8.680, 8.100 e 5.760, respectivamente, para milheto, milho e sorgo, mostrando, assim, que o milheto pode substituir o milho e o sorgo, com ganhos em produtividade, quando cultivado em safrinha.

Heringer e Moogen (2002) estudaram a resposta do milheto sob pastejo com aplicação de níveis crescentes de nitrogênio (0, 150, 300, 450 e 600kg de N/ha). A produção de matéria seca apresentou relação quadrática com os níveis de N, variando de 8862 a 17403kg/ha para os níveis de 0 a 450kg de N, respectivamente. O aumento na produção de matéria seca em resposta aos níveis crescentes de N demonstra que o N do solo não atende ao potencial de crescimento da planta, que possui alta taxa de crescimento e alta demanda por nitrogênio. A eficiência de utilização do nitrogênio (kg

de matéria seca/kg de N aplicado) apresentou relação linear negativa, os valores foram 46, 23, 20 e 14kg de MS/kg de nitrogênio para os níveis de 150, 300, 450 e 600kg de N, respectivamente.

Para a produção de grãos, Jain e Bal (1997) relatam que, na Índia, variedades tradicionais produzem de 300 a 500Kg/ha, enquanto os híbridos alcançam produções entre 1300 e 2400Kg/ha. Andrews e Rajewski (1995) relatam que, sob condições ótimas de cultivo, a produção de grãos pode saltar para 5000kg/ha.

5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRITIVO

O valor nutritivo do milho para os ruminantes não é constante. Isto ocorre devido a variações da composição química. Estas variações estão relacionadas ao cultivar utilizado, a diferenças no solo e nos tratamentos culturais (adubação, fertilização nitrogenada, data de plantio) e a condições ambientais (temperatura e disponibilidade de água).

O grão de milho é considerado um concentrado energético por apresentar menos de 18% de fibra bruta e menos de 20% de proteína bruta. De acordo com Terril et al. (1998), a energia metabolizável do grão de milho para ruminantes é de 3,02 Mcal/kg, possuindo 8% a menos de energia quando comparado com o milho. A composição química dos grãos de milho, milho e sorgo, de acordo com Valadares Filho et al. (2006), estão apresentadas na Tabela 1.

De acordo com a Tabela 1, os teores de proteína e extrato etéreo encontrados para o grão de milho são maiores que o milho e o sorgo. Burton (1972) também encontrou maiores quantidades de proteína e extrato etéreo para o milho quando comparado com milho, trigo, sorgo e arroz. A proteína do milho pode variar de 9 a 21% dependendo do cultivar, entretanto os cultivares mais utilizados atualmente estão por volta de 12%. Das diferentes proteínas do milho, a prolamina constitui 40%, e a globulina 20%. A proteína do milho possui 0,37% de lisina e 0,27% de metionina, valores superiores aos do milho, que são 0,24 e 0,18% para lisina e metionina, respectivamente, e 89% de digestibilidade, podendo ser considerada uma proteína de boa qualidade. O extrato etéreo do grão de milho é composto por 75% de ácidos graxos insaturados e 24% de saturados.

Pode-se observar também (Tabela 1) que o milho apresenta maiores teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina e menores teores de hemiceluloses, extrativo não nitrogenado e carboidratos não fibrosos, sendo este conjunto de fatores responsável por uma redução da energia do grão de milho quando comparado com o milho e o sorgo. De acordo com Hadimani et al. (1995), o teor de amido do grão de milho variou de 57,4 a 70,3%, sendo, em média, 60,49 (Rostagno et al., 2000). Apesar de apresentarem, em média, menores teores de amido que o milho, percebe-se que alguns cultivares apresentam teores

muito próximos ao do milho (70%); dessa forma muito ainda pode ser feito em relação ao melhoramento genético do milheto a fim de aumentar seu teor energético.

O grão de milheto contém, em média, 75% de endosperma, 17 de embrião e 8% de casca. Como o grão é pequeno, quando comparado com o milho, e o embrião forma uma proporção muito maior do grão total, o grão de milheto apresenta, em média, maiores teores de proteína, óleo e fibra e menores teores de amido. Não foi descrita a presença de taninos nos grãos de milheto em diferentes variedades analisadas (Kumar, 1999).

Os teores de Ca e P são baixos e semelhantes aos encontrados no milho e sorgo.

Tabela 1. Composição química do grão de milheto, de milho e de sorgo.

Parâmetros	Milheto	Milho	Sorgo
Materia seca (%)	88,47	87,64	87,90
Proteína bruta (%)	13,55	9,11	9,54
Extrato etéreo (%)	5,13	4,07	3,03
FDN (%)	15,93	13,98	14,21
FDA (%)	7,73	4,08	6,30
Extrato não nitrogenado (%)	68,86	74,10	71,92
Carboidratos não fibrosos (%)	64,64	74,47	73,84
Hemiceluloses (%)	7,50	9,41	9,62
Celulose (%)	4,35	3,55	3,55
Lignina (%)	1,96	1,16	1,21
NDT	76,37	87,24	80,35
Energia bruta (Mcal/kg)	4,00	4,31	4,13
Ca (%)	0,05	0,03	0,04
P (%)	0,23	0,25	0,28

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

A composição química da planta inteira de milheto em diferentes idades está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química da planta inteira de milheto em diferentes idades.

Parâmetros	82 dias ¹	81 a 100 dias ²	70 dias ³	90 dias ³
Matéria seca (%)	27,17	14,75	22,43	35,73
Proteína bruta (%)	10,95	13,75	10,08	9,27
FDN (%)	60,76	68,10	64,99	68,47
FDA (%)	33,58	-	35,95	35,83
Hemicelulose	29,25	-	-	-
Celulose	27,18	-	-	-
Lignina	4,33	-	-	-
Digestibilidade da MS	55,19	59,20	-	-

Fonte: ¹Guimarães Júnior (2003); ²Valadares Filho et al. (2006); ³Amaral (2003).

Kickel et al. (1999) relatam valores de 23, 15, 13 e 11% de proteína bruta para a planta inteira de milho colhida com 30, 50, 70 e 80 dias de crescimento, respectivamente. Benedetti (1999) encontrou valores entre 8 e 9,2% de PB para o milho plantado no período de safrinha, com percentuais de MS que variaram de 15,4 a 19,8%. As variações nos teores de proteína encontrados estão relacionadas principalmente com o período fenológico da planta e com a adubação nitrogenada realizada.

Os valores de FDN descritos para planta de milho, em média, variam de 60 a 70%. Pereiral et al. (1993) encontraram 68% de FDN para a planta com idade de 64 a 84 dias. Bonamigo (1999) também encontrou valores semelhantes de FDN em folhas (62,5%) e caules (67,9%). De acordo com Van Soest (1994), valores acima de 55-60% de FDN correlacionam-se negativamente com o consumo de matéria seca. Scheffer-Basso et al. (2004) encontraram valores de FDA que variaram de 35 a 45% com o avançar da idade da planta. Guimarães Júnior (2003) encontrou valor médio de 33,58% de FDA para planta de três diferentes genótipos de milho aos 82 dias de idade. De acordo com Van Soest (1994), os teores de FDA estão diretamente relacionados com a digestibilidade da forrageira, sendo esta maior quanto menor for o teor de FDA.

Amaral (2003), trabalhando com três diferentes cultivares de milho em diferentes idades de corte, encontrou aumento linear médio diário de 0,52% no teor de MS, redução linear média diária de 0,03% na PB, aumento linear médio diário de 0,19% na FDN e de 0,13% na FDA.

Maia et al. (2000), trabalhando com três diferentes cultivares de milho plantados no período de safrinha em sucessão à cultura do feijão, avaliaram quatro épocas de semeadura (intervaladas de 20 dias). Os teores de FDN e FDA médios dos cultivares variaram de 70,06 e 43,56% a 66,71 e 37,74%, respectivamente, da primeira para a quarta época de semeadura. Foi concluído que os cultivares de milho apresentaram melhor valor nutritivo como planta forrageira, quando semeados tardiamente, em função do menor teor de fibras, FDN e FDA. Esse comportamento provavelmente decorre do fato de que, com as maiores intensidades de luz e temperatura e com maior fotoperíodo no verão – portanto, maior evapotranspiração –, há maior produção de MS, porém mais fibrosa.

Os teores de lignina na planta de milho podem variar de 1,5 a 7,5%. Guimarães Júnior (2003) encontrou valor médio de 4,33% para o milho aos 82 dias. A lignina limita a extensão da degradação da forragem nos ruminantes. Com o intuito de melhorar essa característica e, assim, melhorar a digestibilidade da forragem, muitos estudos têm sido realizados com híbridos mutantes portadores de nervura marrom (BMR). Os híbridos BMR podem melhorar a qualidade da forragem, pois possuem menor concentração total de lignina, menor concentração de ácido *p*-cumarico e/ou maior concentração de xilose. Além de menor teor de lignina, esta possui menor relação molar siringila/guaiacila. Cherney et al. (1990) encontraram redução de 23% no teor de lignina, aumento de 4% na digestibilidade *in vitro* da matéria seca e aumento da ingestão de matéria seca comparando híbridos de milho BMR e normal.

Lam et al. (1996) encontraram digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 73,3% para o milho BMR e 61,2% para o milho normal. Estes autores também encontraram, no milho BMR, menores concentrações de ácidos ferúlico e *p*-cumarico, que são os principais monômeros envolvidos na ligação entre a lignina e as hemiceluloses. De acordo com Cherney et al. (1988), o milho BMR apresentou redução de 20% no teor de lignina e aumento de 10% na digestibilidade *in vitro* de matéria seca. Cherney et al. (1990) também observaram preferência dos animais em pastejar o milho BMR, fato que foi comprovado por maior tempo de pastejo e maior desfolha deste. Van Soest (1994) concluiu que o gene BMR foi responsável por um significativo aumento no valor nutritivo das silagens de milho europeias, as quais apresentavam em média 12% a mais de digestibilidade que as silagens americanas.

Com o avançar da idade da planta, os teores de MS e fibra da planta aumentam, e a digestibilidade e o teor de proteína diminuem. Além da idade da planta, outro fator que influencia muito na qualidade do milho como forragem é a época de plantio, pois quanto mais tardio for este plantio, menor será seu ciclo produtivo. Conseqüentemente, as alterações estruturais da planta ocorrerão mais rapidamente e seu valor nutritivo também reduzirá mais rapidamente. Dessa forma, é essencial realizar a análise bromatológica da forragem para o correto balanceamento da dieta.

6. UTILIZAÇÃO DE GRÃO DE MILHETO

O milho é, pelo menos, equivalente ao milho e, de um modo geral, superior ao sorgo em teor e qualidade da proteína, eficiência relativa da proteína e níveis de energia metabolizável. Ao contrário do sorgo, o milho não contém taninos que interferem na digestibilidade (Kumar, 1999).

Christensen et al. (1984), citados por Kumar (1999), realizaram estudos sobre o potencial do milho nos Estados Unidos e demonstraram que novilhos alimentados com dietas à base de grão de milho apresentaram ganhos semelhantes aos alimentados com sorgo. Foi concluído que o grão de milho apresentou maior teor proteico, melhor equilíbrio de aminoácidos essenciais e energia líquida 4% maior.

De acordo com Kishore et al. (1993), a degradação ruminal da matéria seca, após 24 horas de incubação, para milho, sorgo branco e sorgo vermelho, foi 84,3, 88,6 e 76,9%, respectivamente.

Hill e Hanna (1990) realizaram um estudo para comparar grãos de milho, milho e sorgo em dietas para bovinos. As dietas foram milho (73,0%) e farelo de soja (6%), sorgo (76,8%) e farelo de soja (2,8%) e exclusivamente de milho (79%). Todas as dietas possuíam 20% de casca de amendoim como volumoso. A digestibilidade da matéria seca e a da parede celular foram menores para a dieta com milho, mas a digestibilidade da proteína e a do extrato etéreo foram superiores à dieta com sorgo e semelhantes à dieta com milho. Os valores de NDT foram 73,9, 69,0 e 69,2% para dietas com milho, sorgo e milho, respectivamente. Foi concluído que o grão de

milheto pode substituir grão de milho e sorgo nas dietas, mas que estas devem ser formuladas para utilizar eficientemente a alta quantidade de proteína no milheto em substituição à proteína suplementar.

Leão (2002) testou diferentes níveis de substituição do grão de milho por milheto em dietas de novilhos confinados. Os níveis de milheto nas rações testadas foram 0,0, 23,0, 49,0, 80,0 e 96,3% com base na matéria natural. Foi concluído que o milheto pode substituir o milho no concentrado sem prejuízo na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho (ganho de peso, consumo de matéria seca e conversão alimentar) de bovinos.

Poucos estudos existem na literatura com a utilização de grão de milheto relacionada à produção de leite. Em um estudo realizado em Goiás, França et al. (1997) substituíram 0, 33, 66 e 99% do milho por milheto na ração de cabras leiteiras. A produção de leite e o teor de gordura do leite dos animais, nos diferentes tratamentos, foram semelhantes.

Ribeiro et al. (2004) avaliaram o efeito da substituição do grão de milho pelo milheto, com base no teor de amido, sobre o desempenho e os parâmetros ruminais de vacas Holandesas com 90 dias de lactação em média. A dieta das vacas foi composta de 52,4% de concentrado e 48,6% de volumoso. Os tratamentos foram 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100 da relação amido de milho/milheto. Não foram encontradas diferenças no consumo de matéria seca, produção de leite (24,6kg/d) e de leite corrigido para 3,5% de gordura (23,8kg/d). O teor e a produção de gordura e a produção de proteína do leite também não foram diferentes entre os tratamentos. Não houve diferença entre os tratamentos na concentração de acetato, propionato, ácidos graxos voláteis totais e pH ruminal, ocorrendo efeito linear negativo na concentração de N-NH₃ com o aumento do teor de milheto. A substituição de milho por milheto não alterou o desempenho de vacas Holandesas em lactação (Tabela 3).

Hill et al. (1996) determinaram que o valor energético do milheto estava entre 85 e 90% do milho.

Tabela 3. Influência da inclusão de milheto sobre a produção e composição do leite.

Itens	0%	25%	50%	75%	100%
Consumo de MS	19,28	19,53	18,97	18,89	18,52
Produção de leite	24,30	24,18	25,11	25,06	24,50
PLC	23,79	23,49	24,61	24,22	23,11
% de proteína	3,00	3,08	3,02	3,04	2,96
% de gordura	3,39	3,41	3,52	3,34	3,21

Fonte: Ribeiro et al. (2004).

7. MILHETO PARA PASTEJO

No Brasil, o milheto tem sido cultivado em duas épocas: após a cultura de verão e no final do inverno/início da primavera.

O milheto é cultivado após a colheita da cultura principal, para ser utilizado em pastejo por um período de 40 a 60 dias, do outono até o início do inverno. Pode atingir uma produtividade de 2 a 5@ de carne/ha, possibilitando a vedação de parte das pastagens perenes da propriedade para serem utilizadas de julho a setembro, quando ocorre a maior deficiência de forragem no Brasil central. Dessa forma, podem-se atrasar as aberturas dos silos e aumentar a produtividade da propriedade.

Outra alternativa para a utilização do milheto seria para a implantação e recuperação de pastagens, principalmente para forrageiras do gênero *Brachiaria*, tais como *B.brizantha* e *B.decumbens* (Kichel et al., 1997). Faz-se a semeadura da braquiária consorciada com o milheto na primavera ou no início do período das águas, o que proporcionará um período de pastejo que poderá variar de 80 a 120 dias. Após o ciclo vegetativo do milheto, a pastagem estará formada ou recuperada (Kichel et al., 1999).

Devido ao seu crescimento rápido, o milheto possibilita o uso da área de pastagem recuperada já a partir dos quarenta dias após o plantio, fase em que a braquiária ainda se encontra com baixa produtividade. Em pastoreio rotacionado, obteve-se de 1400 a 2300kg NDT, quantidades superiores à fornecida pelo sorgo e pelo capim-sudão (Andrews e Kumar, 1992).

Por ser uma planta de porte ereto, o milheto deveria ser utilizado em pastejo rotativo. No entanto, a grande plasticidade da planta faz com que apresente boa *performance* em pastejo contínuo. Desde que se mantenha um controle da lotação, podem-se atingir ganhos de peso diários de 0,17 a 1,47kg/animal/dia (Hillesheim, 1988). Para que se obtenha um bom controle do pastejo, é necessário que se mantenha uma lotação capaz de consumir o crescimento da forragem e mantê-la numa altura entre 20-30cm, que permita disponibilidade de matéria seca de 2000kg/ha ao longo de toda estação de pastejo. No caso de pastejo rotativo, a pastagem deverá ser pastejada sempre que atingir 50 - 70cm de altura, retirando os animais quando houver rebaixamento para 20 a 30cm do solo. Deve-se dar um período de descanso de 18 a 24 dias (Kichel et al., 1999).

Na região Sul, o milheto tem sido utilizado sob pastejo, associado à desmama precoce (90 a 100 dias de idade) de bezerros, visando garantir pesos semelhantes aos de bezerros submetidos à desmama tradicional, entre seis e oito meses de idade. Moojen et al. (1994) verificaram pesos superiores aos 213 dias (152,71kg) para bezerros desmamados aos 101 dias e submetidos à pastagem de milheto (com 41 dias) quando comparados a bezerros mantidos ao pé da vaca em pastagens naturais do nascimento até a desmama com 213 dias (128,36 kg).

Dorow e Quadros (1994) avaliaram o efeito de diferentes sistemas de alimentação pós-desmama (milheto, pangola ou pastagem natural) sobre o desempenho de bezerros desmamados aos 90 dias. Durante 96 dias de observação, os animais pastejando milheto apresentaram os maiores ganhos diários (0,509 e 0,380kg/dia), seguidos pelos mantidos em pastagens de pangola (0,203 e 0,187kg/dia) e pastagem natural (0,100kg/dia). A disponibilidade (3190kg de MS/ha) e a qualidade (12,5% de PB e 61,9% de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica) da forragem foram apontadas como fatores responsáveis pelo desempenho superior dos bezerros mantidos em pastagem de milheto.

Muhelman et al. (1997) também avaliaram o efeito de pastagens de verão (pastagem nativa, *coastcross-1*, capim-elefante e milheto comum) sobre o desempenho de bezerras submetidas à desmama precoce (94 dias e 84kg de peso vivo), em 83 dias de experimentação. Os ganhos médios diários das bezerras mantidas em pastagens de milheto (0,275kg/dia), capim-elefante (0,175kg/dia) e *coastcross-1* (0,314kg/dia) foram semelhantes, porém superiores aos de bezerras mantidas em pastagens nativas (0,012kg/dia), sendo o mesmo comportamento observado para ganho de peso/hectare (344, 353, 259 e 9kg/ha, respectivamente). O consumo de forragem não foi limitado pela disponibilidade; entretanto, houve diferenças quanto à composição das pastagens. Nas pastagens de *coastcross-1* e milheto, a oferta de material disponível para consumo (folhas e caules tenros) era, em média, superior a 70%, enquanto nas outras se situou próxima de 50%.

Harvey e Burns (1988) avaliaram o desempenho de bezerras cruzadas, com peso médio de 150kg, em quatro sistemas de pastejo com diferentes forrageiras (1- controle - *Poa pratensis* L., *Trifolium repens* L. *Dactylis glomerata* L, 2 - *Trifolium repens* L, 3 - *Festuca arundinacea* Schreb. 4 - *Pennisetum americanum* L. Leeke) e com dois níveis de concentrado (*ad libitum* e restrito a 1% do peso vivo). Os melhores resultados para ambos os níveis de concentrado foram no pastejo de milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke) com 0,84 e 1,00kg de ganho de peso por dia com restrição ou não do concentrado, respectivamente. Os pesquisadores consideraram excelentes os resultados atingidos no pastejo de milheto mesmo com restrição do concentrado.

Prado et al. (2004) determinaram a degradabilidade *in situ* de algumas gramíneas sob pastejo contínuo (Tabelas 4 e 5). As amostras de milheto, capim-mombaça e estrela roxa foram colhidas a cada 28 dias, e a aveia preta a cada 14 dias. A amostra de milheto apresentava 18,14% de MS, 11,26% de PB e 61,38% de FDN. Pode-se observar que a aveia preta e o milheto apresentaram as melhores degradações efetivas da matéria seca para as taxas de passagem de 5 e 8%/hora. Foi observado também maior valor para a taxa de gradação (c) 3,7%/hora. Juntamente com a aveia preta, o milheto apresentou maior degradabilidade efetiva para a taxa de passagem de 8%. O milheto apresentou maior fração solúvel, maior taxa de degradação e maior degradabilidade efetiva da matéria seca e fibra em detergente neutro em relação à grama estrela roxa e capim-mombaça.

Tabela 4. Fração solúvel (a) e potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c) e degradação efetiva (DE) da matéria seca das gramíneas para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora.

Gramíneas	a (%)	b (%)	c (%/h)	DE (%)		
				2 (%/h)	5 (%/h)	8 (%/h)
Aveia preta	31,7a	58,0a	2,9	65,6a	52,6a	46,9a
Estrela roxa ¹	13,8c	41,2b	1,5	31,1d	23,1b	20,2b
Estrela roxa ²	14,1bc	41,7b	2,9	38,5c	29,2b	25,0b
Milheto	24,3ab	54,7ab	3,7	59,9b	47,7a	41,7a
Mombaça	18bc	59,1a	1,4	40,8c	30,0b	26,2b

¹Estrela roxa no inverno (entre maio e outubro); ²Estrela roxa no verão (entre novembro e fevereiro). Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Prado et al. (2004).

Tabela 5. Fração solúvel (a) e potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c) e degradação efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN) das gramíneas para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora.

Gramíneas	a (%)	b (%)	c (%/h)	DE (%)		
				2 (%/h)	5 (%/h)	8 (%/h)
Aveia preta	16,0a	73,3a	2,4a	55,7a	39,7a	32,9a
Estrela roxa ¹	9,6ab	40,6c	1,4a	26,4d	18,7d	15,8b
Estrela roxa ²	5,9b	44,1c	3,2a	32,5c	22,7c	18,3b
Milheto	8,3b	63,5b	3,6a	49,1b	34,8b	28,0a
Mombaça	1,8b	66,1ab	1,5a	29,0d	16,2d	11,6b

¹Estrela roxa no inverno (entre maio e outubro); ²Estrela roxa no verão (entre novembro e fevereiro). Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Prado et al. (2004).

Clark et al. (1965) compararam o milheto, capim-sudão e um híbrido de sorgo com capim-sudão em experimento de pastejo com vacas em lactação durante um período de três anos de avaliações. Os animais foram suplementados com 6,3kg de concentrado/dia em média. As pastagens não diferiram quanto à produção de matéria seca (2,22 a 4,30t de MS/ha), capacidade de suporte (6,67 a 4,12 vacas/ha/dia) ou produção de leite por vaca (19,85; 20 e 20kg/dia). Ocorreu um menor teor de gordura no leite dos animais pastejando milheto (2,91%) em comparação com o capim-sudão e o híbrido de sorgo com capim-sudão (3,39%).

Bucholtz et al. (1969) também compararam o pastejo de milheto com o capim-sudão, avaliando a *performance* de vacas Holandesas. Não foram observadas diferenças nas produções de leite das vacas no pastejo de milheto (17,8kg/dia) e capim-sudão (17,9kg/dia). Entretanto, ocorreu um menor teor de gordura no leite das vacas pastejando milheto (2,80%) quando comparado com capim-sudão (3,32%). Foi observada uma redução na porcentagem molar de butirato no rúmen de vacas

pastejando milho. As proporções molares de acetato e propionato não diferiram entre os dois tratamentos.

A *performance* de vacas em dois sistemas de pastejo (milho e tifton 85) ou confinadas foi avaliada por Fontaneli et al. (2005). O pastejo do milho ocorreu quando as plantas apresentavam 40cm de altura. Os animais em pastejo receberam em média 6kg de concentrado. O consumo de matéria seca (19kg), a produção de leite (25,1kg/dia) e os teores de gordura (3,65%) e proteína (2,95%) do leite foram semelhantes entre os animais pastejando milho ou tifton 85. Os animais em pastejo produziram 19% a menos de leite que os animais confinados, mas com um custo de alimentação 50% menor.

Pode-se perceber que, de acordo com alguns experimentos realizados nas décadas de 60 e 70, o pastejo de milho promoveu redução do teor de gordura no leite. Alguns autores levantaram a hipótese de mudanças nas proporções de ácidos graxos voláteis no rúmen (aumentando o propionato e reduzindo o acetato), entretanto isso não ficou provado. Experimentos mais atuais com o de Fontaneli et al. (2005) não observaram esse efeito.

O milho pode ser utilizado como uma fonte nutricional importante na pecuária de leite a pasto, já que esta tende a ser mais econômica que a baseada somente na suplementação, e os pastos de verão no país, como um todo, são de baixa digestibilidade e valor energético. Freitas (1988) sugere o aproveitamento do milho para melhorar a oferta de forragem com maior qualidade.

8. SILAGEM DE MILHO

Em função da sua rusticidade e adaptação a plantios de fim de verão e princípio de outono, o milho é uma alternativa interessante para produção de silagem em regiões com problemas de veranico ou seca ou em plantios de sucessão ou safrinha, após a colheita da cultura principal (Andrade e Andrade, 1982; Pereira et al., 1993). Além disso, esta cultura possui características de estabelecimento fácil e rápido, boa capacidade de rebrota, bem como boa palatabilidade (Khairwal et al., 1990).

Segundo Kichel et al. (1999), para a produção de silagem, o milho pode substituir o milho e o sorgo com ganhos em produtividade e qualidade quando cultivado em safrinha ou tardiamente. Roy et al. (1994) analisaram silagem de milho feita com plantas colhidas acima de 12 semanas de idade e encontraram os seguintes valores: 29,21% de MS; 16,92% de PB; 25,32% de FB; 66,28% de fibra em detergente neutro (FDN); 34,46% de fibra em detergente ácido (FDA).

Kichel (1999) comparou silagens de milho, milho e sorgo plantados em período de safrinha (final de fevereiro), ensilados em maio e analisados após 60 dias. Os valores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica encontrados foram 12,0% e 53,4% para o milho, 7,8% e 60,0% para o milho e 7,0% e 58,0% para o sorgo.

Para silagem de milho, foram relatados valores de pH de 3,53 até 5,91 (Figueiredo e Muhlbach, 1984, citados por Machado Filho e Muhlbach, 1986). Entretanto, para silagem de plantas colhidas no estágio de grão pastoso, Machado Filho e Muhlbach (1986) encontraram valor de pH de 4,1, enquanto Bishnoi et al. (1993) e Roy et al. (1994) encontraram pH de 4,3.

Amaral (2003), avaliando três cultivares de milho submetidos a duas idades de corte para produção de silagem, encontrou teores de MS variando de 23,53 a 34,29%, PB de 8,47 a 10,06%, FDN de 72,58 a 75,44 %, FDA de 37,83 a 38,06%, para as silagens confeccionadas aos 70 e 90 dias. Quanto à qualidade da silagem, os valores médios de pH variaram de 3,58 a 3,78, e nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total de 1,83 a 2,46%. Guimarães Jr. (2003) avaliou a qualidade e o perfil de fermentação de silagens de três genótipos de milho (CMS-1, BRS-1501 e BN-2) plantados na safrinha. Os teores médios de MS, PB, FDN, FDA e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens após 56 dias de fermentação foram, respectivamente, 23,64%, 10,43%, 54,57%, 32,06% e 54,85%. Ainda neste trabalho, foram obtidos teores médios de pH de 3,62, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total de 8,75% e baixos valores de ácido acético (< 2%) e butírico (0,02%). Tal experimento demonstrou o bom valor nutritivo e a qualidade da silagem de milho, sendo este indicado como uma boa opção para produção de silagem no período de safrinha. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para Bovinos (Valadares Filho et al., 2006), a silagem de milho possui, em média, 26,28% de MS, 8,04% de PB, 3,28% de extrato etéreo (EE), 73,04% de FDN, 38,25% de FDA, 4,26% de lignina e 60,23% de NDT.

Ward et al. (2001) avaliaram a composição química e a digestibilidade das silagens de sorgo forrageiro, milho e milho. O milho e o sorgo forrageiro foram ensilados com 45 dias (antes do florescimento), e o milho foi ensilado no estágio de metade da linha de leite (95 dias). Foram utilizadas novilhas Holandesas com peso médio de 245kg. A composição química das silagens pode ser observada na Tabela 6. As novilhas alimentadas com silagem de milho consumiram mais matéria seca, mas a ingestão de matéria seca digestível não variou para as diferentes silagens. As novilhas alimentadas com silagem de milho consumiram 4,92kg de MS e 2,47kg de matéria seca digestível. A digestibilidade da silagem de milho foi de 51,36%.

Tabela 6. Composição química das silagens de sorgo forrageiro, milho e milho.

Itens	Sorgo forrageiro	Milho	Milho
Matéria seca (%)	21,97c	26,34b	30,48a
Proteína bruta (%)	12,90b	14,36a	8,25c
FDN (%)	60,68a	58,77b	55,22c
FDA (%)	36,01a	34,95ab	32,94b
CS (%)	2,67b	1,96b	6,49 ^a
pH	4,09b	4,50a	3,96b

Médias seguidas por letras minúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$); CS - carboidratos solúveis em % da MS.

Fonte: Ward et al. (2001).

Jaster et al. (1985) avaliaram o valor nutritivo das silagens de milho e sorgo com novilhas Holandesas de 325kg de peso médio. As silagens foram realizadas quando as plantas possuíam 53 dias de idade. A composição química das silagens de milho e sorgo foram 38,5 e 38,8% de MS, 15 e 16,9% de PB, 68,7 e 61,4% de FDN, 40,8 e 40,8% de FDA e 6,6 e 6,2% de lignina, respectivamente. A silagem de milho apresentou pH de 4,6, e a de sorgo 4,4. Os consumos de matéria seca das silagens foram semelhantes (8,5kg de MS/dia). Os valores de digestibilidade das silagens de milho e sorgo foram 64,3 e 60,1% para MS, 69,0 e 61,1% para FDN e 65,4 e 57,0% para FDA, respectivamente.

Guimarães Júnior (2006) realizou uma avaliação nutricional das silagens de três genótipos de milho (BRS-1505, NPM-1, CMS-3). Os materiais foram ensilados com 100 dias de idade. A composição química das silagens pode ser observada na Tabela 7. As silagens não diferiram quanto à digestibilidade aparente da matéria seca e apresentaram valor médio de 47,75%. As silagens apresentaram valor médio de 57,92, 39,76 e 40,25% para as digestibilidades da PB, FDN e FDA, respectivamente. No experimento de degradabilidade *in situ*, o pesquisador encontrou valores médios de 45,2, 51,9 e 61,3% para a degradabilidade da matéria seca nos tempos de 24, 48 e 96 horas. A degradabilidade efetiva da matéria seca média das silagens para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora foi de 47,5, 39,2 e 35,8%, respectivamente. A degradabilidade efetiva da FDN e a da FDA média das silagens foram 24,3 e 31,5%, 11,3 e 22,3% e 8,2 e 18,7% para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora. As degradabilidades das frações fibrosas foram baixas, demonstrando a necessidade de maiores estudos relacionados ao momento de colheita para a produção de silagem.

Quando se avaliaram a produção e a qualidade da forragem e da silagem do milho em comparação a variedades de sorgo granífero, sorgo forrageiro e um híbrido de sorgo e capim-sudão (Sudax) colhidos em diferentes estágios de crescimento, os resultados mostraram que o milho produziu mais forragem e silagem que o Sudax, o sorgo granífero e o forrageiro. No estágio farináceo, a produção de matéria seca foi maior, e o milho e o sorgo forrageiro produziram significativamente mais matéria seca que as outras culturas. O milho produziu uma vez e meia a duas vezes mais MS que o Sudax, e os sorgos granífero e forrageiro produziram também mais silagem e apresentaram maior concentração de cinzas que as outras culturas. A PB contida no milho foi significativamente menor no estágio de florescimento, mas foi similar às outras culturas no estágio leitoso e farináceo. Os valores para pH indicaram que todas as silagens foram adequadamente fermentadas (Bishnoi et al., 1993).

Objetivando determinar os efeitos da substituição da silagem de ervilha/triticale ou silagem de milho pela silagem de milho mais alfafa para vacas no meio da lactação, Messman et al. (1992) alimentaram 18 vacas Holandesas com dietas à base de silagem de ervilha/triticale, silagem de milho ou alfafa mais silagem de milho (dieta-controle). A silagem de milho utilizada apresentava 23,4% de MS, 12% de PB, 66,6% de FDN e 42,5% de FDA. Grupos de seis vacas foram submetidos a uma das três dietas por um período experimental de 64 dias. Os resultados indicaram que a digestibilidade da MS não foi diferente para silagem de milho e a dieta-controle. Os

componentes fibrosos da silagem de milho foram mais digestíveis que a dieta-controle, devido a sua menor lignificação. A produção de leite corrigida para 4% de gordura (Tabela 8) foi semelhante entre a silagem de milho e a dieta-controle (21,8, e 22,1Kg/dia). Também foi observado que o padrão de fermentação da silagem de milho foi semelhante ao das silagens típicas de milho.

Tabela 7. Composição química (%), energia bruta, energia digestível e energia metabolizável (Kcal/kg), expressas na matéria seca, pH e NH₃/NT (%) das silagens de três genótipos de milho.

Parâmetros	Genótipos		
	BRS-1501	NPM-1	CMS-3
MS (%)	21,28	22,72	20,99
PB (%)	11,83	10,73	11,45
FDN (%)	70,54	71,22	71,02
FDA (%)	37,70	39,71	39,37
Celulose (%)	35,78	37,06	37,4
Hemiceluloses (%)	32,84	31,51	31,65
Lignina (%)	1,92	2,65	1,97
Energia bruta (kcal/kg)	3792,83	3825,04	3855,32
Energia digestível (kcal/kg)	1631,18	1608,77	1838,21
Energia metabolizável (kcal/kg)	1254,29	1268,58	1472,17
pH	3,79	3,71	3,75
NH ₃ /NT (%)	11,97	8,86	9,25

Fonte: Guimarães Júnior (2006).

Tabela 8. *Performance* de vacas alimentadas com diferentes silagens.

Itens	Ervilha+Triticale	Controle	Milho
Consumo de MS	22,6	23,8	19,5
Produção de leite	25,2	24,5	23,2
PLC 4%	27,3	22,1	21,8
% de gordura	4,59	3,35	3,67
% de proteína	3,36	3,44	3,24

PLC 4% - produção de leite corrigida para 4% de gordura.

Fonte: Messman et al. (1992).

9. ROLÃO

Rolão é o nome que se dá à planta inteira de milho, sorgo ou milho, que é seca naturalmente a campo, fornecendo mais uma alternativa para a alimentação do rebanho durante a seca. A época ideal para se preparar o rolão está entre 150 e 200 dias após o plantio, quando a planta encontra-se totalmente seca, o que contribuirá para redução das perdas por mofo ou apodrecimento. O armazenamento pode ser feito em galpões, sendo o material triturado e ensacado ou a granel, ou armazenado no campo em medas, cobertas por lâmina de polietileno (lona plástica). A composição química do rolão de milho pode ser observada na Tabela 9. Amaral (2003) não

recomenda a utilização do milho na forma de rolão, uma vez que ele apresentou baixas disponibilidades da matéria seca e reduzido valor nutritivo. Entretanto, esta pode ser uma opção, de custo mais baixo, para animais de menores exigências nutricionais.

Tabela 9. Composição química do rolão de milho submetido a duas idades de corte.

Itens	Idade (dias)	
	160	180
Matéria seca (%)	73,91b	78,13
Proteína bruta (%)	6,35a	6,71a
FDN (%)	81,67b	85,54a
FDA (%)	46,20b	49,30a

Médias seguidas por letras minúsculas distintas significam diferença estatística em uma mesma linha ($p < 0,05$).

Fonte: Amaral (2003).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho grão pode ser utilizado em dietas substituindo totalmente o milho sem que haja perda de desempenho dos animais, desde que levados em consideração os níveis de energia, 10% em média, inferiores do milho. Além disso, por apresentar maior teor proteico que o milho e o sorgo, a utilização do grão de milho nas dietas pode reduzir os níveis de inclusão de concentrado proteico.

O milho pode ser utilizado para pastejo, o que permite altos desempenhos e retarda a abertura dos silos, pois garante pasto de qualidade até o final do outono.

Pode-se produzir silagem de boa qualidade, entretanto mais informações são necessárias a respeito do momento ideal de ensilagem.

O milho pode substituir o milho e o sorgo com ganhos em produtividade quando plantado no período de safrinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P.N.C. *Silagem e rolão de milho em diferentes idades de corte*. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, J.B.; ANDRADE, P. Produção de silagem de milho (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.). *Bol. Ind. Anim.*, v.39, p.67-73, 1982.

ANDREWS, D.J.; KUMAR, K.A. Pearl millet for food, feed, and forage. *Adv. Agron.*, v.48, p.90-139, 1992.

ANDREWS, D.J.; RAJEWSKI, J.F. Reading, characteristics and use of pearl millet. In: FIRST NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM, 1995, TIFTON, GA. *Proceedings...* Tifton, GA: Coastal Plain Experiment Station, 1995. p.1-4.

BARBOSA, S. *Citogenética de Híbridos entre Pennisetum purpureum Schumack e Pennisetum glaucum L. e seus Genitores*. 2000. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BENEDETTI, E. Uso do milheto como fonte alternativa de produção de leite a pasto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. *Anais...* Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.105-108.

BISHNOI, U.R.; OKA, G.M.; FEARON, A.L. Quantity and quality of forage of pearl millet in comparison to Sudax, grain and forage sorghums harvested at different growth stages. *Trop. Agric.*, v.70, p.98-102, 1993.

BOGDAN, A.V. *Tropical pasture and fodder plants: Grasses and legumes*. London: Longman, 1977. 241p.

BONAMIGO, L.A. A cultura do milheto no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA, 1999. p.31-65.

BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* sect *Pennisetum* (Graminea). *Am. J. Bot.*, v.64, p.161-176, 1977.

BUCHOLTZ, H.F.; DAVIS, C.L.; PALMQUIST, D.L. et al. Study of the low-fat milk phenomenon in cows grazing pearl millet pastures. *J. Dairy Sci.*, v.52, p.1388-1394, 1969.

BURTON, G.W.; WALLACE, A.T.; RACHIE, K.O. Chemical composition and nutritive value of pearl millet (*Pennisetum typhoyde*) grain. *Crop Sci.*, v.12, p.187, 1972.

CHERNEY, D.J.R.; PATTERSON, J.A.; JOHNSON, K.D. Digestibility and feeding value of pearl millet as influenced by the brown-midrib, low-lignin trait. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.4345-4351, 1990.

CHERNEY, J.H.; AXTELL, J.D.; HASSEN, M.M. et al. Forage quality characterization of a chemically induced brown-midrib mutant in millet. *Crop Sci.*, v.28, p.783-787, 1988.

CLARK, N.A.; HEMKEN, R.W.; VANDERSALL, J.H. A comparasion of pearl millet, sudangrass and sorghum-sudangrass hybrid as pasture for lactating dairy cows, *Agron. J.*, v.57, p.266-269, 1965.

DOROW, R.; QUADROS, F.L.F. Desempenho de terneiros desmamados precocemente submetidos a diferentes sistemas de alimentação. *Cienc. Rural*, v.24, p.405-410, 1994.

FONTANELI, R.S.; SOLLENBERGER, L.E.; LITTELL, R.C. et al. Performance of lactating dairy cows managed on pasture – based or in free stall barn feeding systems. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.1264-1276, 2005.

FRANÇA, A.F.S.; DIAS, M.J.; ORSINE, G.F. et al. Avaliação do grão de milheto (*Pennisetum americanum*) em substituição ao milho (*Zea mays*) em rações para cabras em lactação. *Anais Esc. Agron. Vet.* v.27, p.121-126, 1997.

FREITAS, E.G. Milheto na produção de leite. *Agropecu. Catarinense*, v.1, n.2, p.20-22, 1988.

GUIMARÃES Jr, R. *Avaliação nutricional de silagens de milheto [Pennisetum glaucum (L). R. Br.]*. 2006. 90f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

GUIMARÃES Jr, R. *Potencial forrageiro, perfil de fermentação e qualidade das silagens de três genótipos de milheto [pennisetum glaucum (l)]. R. Br.*. 2003. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

HADIMANI, N.A.; ALI, S.Z.; MALLESHI, N.G. Physico-chemical composition and processing characteristics of pearl millet varieties. *J. Food Sci. Technol.*, v.32, p193-198, 1995.

HARVEY, R.W.; BURNS, J.C. Creep grazing and early weaning effects on cow and calf productivity. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.1109-1114, 1988.

HERINGER, I.; MOOJEN, E.L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, supl., p.875-882, 2002.

HILL, G.M.; HANNA, W.W. Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.2061, 1990.

HILL, G.M.; NEWTON, G.L.; STREETER, M.N. et al. Digestibility and utilization of pearl millet diets fed to finishing beef cattle. *J. Anim Sci.*, v.74, p.1728-1735, 1996.

HILLESHEIM, A. Manejo do gênero *Pennisetum* sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9., 1988, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1988. p.37-68.

JAIN, R.K.; BAL, S. Properties of pearl millet. *J. Agric. Eng. Res.*, v.66, p.85-91, 1997.

JASTER, E.H.; FISHER, C.M.; MILLER, D.A. Nutritive value of oatlage barley-pea, pea, oat-pea, pearl millet and sorghum as silage grown under a double cropping forage system for dairy heifers. *J. Dairy Sci*, v.68, p.2914-2921, 1985.

KHAIRWAL, I.S.; RAM, C.; CHHABRA, A.K. *Pearl millet: Seed production and technology*. New Delhi: Manohar, 1990. 208p.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA, 1999. p.97-103.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; ZIMMER, A.H. Fatores de degradação de pastagem sob pastejo rotacionado com ênfase na fase de implantação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba, SP. *Anais...*: Fundamentos do pastejo rotacionado. Piracicaba: ESALQ, 1997. p.193-211.

KISHORE, N.; PLOHAN, O.; CHAHAL, S. M. et al. Effect of various processing techniques on the nutritive value and digestibility of pearl millet (*Pennisetum tyhoideum*). *Indian J. Anim. Sci.*, v.63, p.66-70, 1993.

KUMAR, A.O. Milheto como cultura granífera para ração. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1., 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: EMBRAPA/Planaltina, 1999. p.113-130.

LAM, T.B.T.; IYAMA, K.; STONE, B.A. Lignin and hydroxycinnamic acids in walls of brown midrib mutants of sorghum, pearl millet and maize stems. *J. Sci. Food Agric*. v.71, p174-178, 1996.

LEÃO, R.V. *Efeito da substituição do grão de milho pelo de milheto (Pennisetum glaucum) na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de bovinos confinados*. 2002. 29f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP.

LIMA, M.L.M.; CASTRO, F.G.F.; TAMASSIA, L.F.M. Culturas não convencionais: girassol e milheto. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. p.167-195.

MACHADO FILHO, L.C.P.; MUHLBACH, P.R.F. Efeito do emurchecimento na qualidade da silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) e de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), avaliadas quimicamente. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.15, p.224- 233, 1986.

MAIA, M.C.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. Concentração de fibras (FDN e FDA) e minerais de cultivares de milheto em sucessão à cultura de feijão no sul de Minas Gerais. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.1, p.23-29, 2000.

MARASCHIN, G.E. Potencial produtivo de gramíneas forrageiras de verão no sul do Brasil. *Lav. Arroeira*, v.32, n.315, p.18-24, 1979.

MARTINS NETTO, D.A. *A cultura do milheto*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1998. 6p. (Comunicado técnico,11).

MARTINS NETTO, D.A.; DURÃES, F.O.M. *Milheto: tecnologias de produção e agronegócio*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 215p.

MESSMAN, M.; WEISS W.P.; HENDERLONG, P.R. et al. Evaluation of pearl millet and field peas plus triticale silages for midlactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2759-2775, 1992.

MOOJEN, J.G.; RESTLE, J.; MOOJEN, E.L. et al. Efeito da época da desmama e da pastagem no desempenho de vacas e terneiros de corte. 2. Desempenho de terneiros. *Ciênc. Cult.*, v.24, p.399-403, 1994.

MUEHLMANN, L.D.; ROCHA, M.B.; RESTLE, J. Utilização de pastagens de estação quente com bovinos desmamados precocemente. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.26, p.584-589, 1997.

PEREIRA FILHO, I.A.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M. et al. *Manejo da cultura do milheto*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2003. 17p. (Circular Técnica ,29).

PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A. et al. Produtividade e valor nutritivo de aveia (*Avena sativa*), milheto (*Pennisetum americanum*) e de um híbrido de *Sorghum bicolor* X *S. sudanense*. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.22-30, 1993.

PERRET, V.; SCATENA, C.M. *Milheto: um cereal alternativo para os pequenos produtores do Sertão da Bahia*. Salvador, BA: EMATER/BA; CPATSA, 1985. 103p. (Série Pesquisa e Desenvolvimento, 9).

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.N.; ZEOULA, L.M. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. *Rev Bras. Zootec.*, v.33, p.1332-1339, 2004.

RIBEIRO, E.G.; FONTE, C.A.A.; PALIERAQUI, J.G.B. et al. Produção de matéria seca total, foliar e composição química da folha dos capins elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e *Panicum maximum*, Jacq. cv. Mombaça, sob irrigação. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: SBZ, 2004. CD-ROM.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000. 141p.

ROY, B.; BISWAS, P.; DAS, M.K. Nutrient changes of Hybrid Napier (*Pennisetum thipoides*) and Thin Napier (*Pennisrtum Polystachyon*) ensiled in polyestylene sacs and dry matter disappearance in rumen. *Ind. J. Anim. Health*, v.33, p.21-23, 1994.

SCALÉA, M.J. Perguntas e respostas sobre o plantio direto. *Inf. Agron.*, n.83, p.1-8, 1998. (Encarte técnico).

SCHEFFER-BASSO, S.M.; AGRANIONIK, H.; FONTANELI, R.S. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. *Rev. Bras. Agrociênc.*, v.10, p.483-486, 2004.

SKERMAN, P.J., RIVEROS, F. *Tropical grasses*. Rome: FAO, 1990. 832 p.

TABOSA, J.N.; BRITO, A.R.M.B.; LIMA, G.S. et al. Perspectivas do milheto no Brasil: Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. *Anais...* Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.169-185.

TERRILL, T.H.; GELAYE, S.; AMOAH, E.A. et al. Protein and energy value of pearl millet grain for mature goats. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.1964-1969, 1998.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WARD, J.D.; REDFEARN, D.D.; MCVORMIC, M.E. et al. Chemical composition, ensiling characteristics, and apparent digestibility of summer annual forages in subtropical: Cropping system with annual ryegrass. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.177-182, 2001.

CAPÍTULO 6

RESÍDUOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Marcos Cláudio Pinheiro Rogério¹, Gherman Garcia Leal de Araujo²,
Marcos José Alves³, Jose Neuman Miranda Neiva⁴, Helio Henrique Araújo Costa⁵*

RESUMO

O presente capítulo apresenta dados sobre o valor nutritivo de vários subprodutos do processamento de frutas no Brasil. Embora o volume de subprodutos gerados seja considerável, os estudos científicos são ainda escassos e, na maioria das vezes, são desenvolvidos apenas com pequenos ruminantes. Assim, por se tratar de tema no qual o estado da arte ainda é de prospecção, foram apresentados vários resultados, mesmo aqueles em que não se estudaram as respostas em bovinos de leite. Nos trabalhos revisados, ficou claro que o uso de subprodutos do processamento de frutas é interessante, seja do ponto de vista bioeconômico, seja do ponto de vista ambiental.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande potencialidade para a criação de diversas espécies animais, entre as quais as espécies de ruminantes, que são capazes de transformar produtos vegetais em carne, leite, pele e lã, a custos competitivos quando bem-manejadas.

Os sistemas de criação de ruminantes normalmente se baseiam em sistemas de produção a pasto, em sua maioria constituídos pela vegetação nativa ou de gramíneas. A utilização de diferentes alternativas de alimentos para suprir as deficiências do pasto é muito comum. Entre essas alternativas, destacam-se os grãos de cereais, normalmente caros, especialmente nos períodos de estiagem. Por outro lado, o setor primário gera toneladas de subprodutos que poderiam ser transformados em produtos (carne, leite, pele e lã) pelos ruminantes, liberando parcela relevante de alimentos às populações humanas mais carentes.

O uso dos subprodutos do processamento de frutas, especialmente dado o avanço das áreas destinadas à fruticultura no país e incrementos nos sistemas de irrigação, pode levar ao barateamento dos custos de produção de ruminantes, já que a alimentação perfaz até 70% dos custos desta atividade. As pesquisas têm

¹ Professor do Curso de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Estadual Vale do Acaraú, CEP 62040-370, Sobral, CE. marcosclaudio@gmail.com

² Pesquisador da EMBRAPA Semiárido, BR 428, Km 152, zona rural, Caixa Postal 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE ggl@cpatsa.embrapa.br

³ Zootecnista, DSc., Bolsista do CNPq. EMBRAPA Semiárido, BR 428, Km 152, zona rural, Caixa Postal 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE

⁴ Professor Associado da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Rodovia 153, Km 112, Caixa Postal 132, CEP 77804-970, Araguaína, TO. araguaia2007@gmail.com

⁵ Zootecnista, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Estadual Vale do Acaraú, CEP 62040-370, Sobral, CE. helioa.costa@gmail.com

demonstrado que, dentro de níveis apropriados, esses subprodutos podem substituir os alimentos forrageiros e mesmo os alimentos concentrados tradicionais, como o milho e o farelo de soja.

Ao mesmo tempo em que se alcançam recordes sucessivos na produção agropecuária e o Brasil torna-se um dos maiores exportadores do setor, o desperdício de alimentos ainda é crescente. Apesar das diferenças existentes entre os números encontrados nas pesquisas para esse desperdício e as estimativas feitas como decorrência da diversidade de metodologias empregadas, de um modo ou de outro, verifica-se que a magnitude dessas perdas é relevante. Uma destas estimativas, com base em dados da safra 2002/2003, aponta para um desperdício de 32 milhões de toneladas da produção ao consumidor final, ou seja, aproximadamente 15% do total produzido, somando grãos, frutas, hortaliças e produtos de origem animal (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, 2005).

Estudos de avaliação e utilização de novas alternativas alimentares como os subprodutos do processamento de frutas, por exemplo, podem trazer benefícios para a composição de dietas de ruminantes, nas diferentes regiões do Brasil, garantindo, em muitos casos, maior disponibilidade de alimentos e possível aumento da eficiência de produção.

No presente trabalho, pretende-se dar ênfase aos subprodutos do processamento de frutas disponíveis à alimentação de ruminantes, que estão sendo avaliados nas diferentes regiões do Brasil. Serão apresentadas suas disponibilidades e potencialidades nas diversas formas de utilização em dietas para ruminantes.

1. PRODUÇÃO E DISPONIBILIDADE DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS

O processamento de frutas inclui as etapas desde a produção no campo até o beneficiamento e a origem de produtos, como sucos, polpas, doces e compotas, destinados ao consumo humano. Do campo até a indústria, surgem subprodutos de frutas de origem agrícola, também caracterizados como restos de culturas agrícolas, e subprodutos agroindustriais propriamente ditos, resultantes do beneficiamento industrial.

Os subprodutos agroindustriais e os restos de culturas agrícolas são muito variáveis em sua composição. Dentre estes, alguns se destacam não só pela alta disponibilidade mas também por suas características bromatológicas muito diferentes a cada produção, o que pode vir a dificultar os processos de conservação e uso nas dietas de ruminantes. Estes tipos de subprodutos, em sua maioria, não apresentam grandes retornos às agroindústrias e muitas vezes podem até representar problemas, como os de ordem ambiental.

No tocante aos volumes de produção de culturas agrícolas no Brasil, os valores são elevados e dão origem também a um montante expressivo de subprodutos. Todavia, a utilização desses subprodutos na alimentação de ruminantes irá depender de uma série de fatores, como a proximidade entre a localização dos rebanhos, as culturas e/ou agroindústrias, as características nutricionais e os custos de transporte ou preparo desses subprodutos (Carvalho, 1992).

Na região Nordeste, pode-se observar o cultivo de uma ampla variedade de espécies frutíferas tropicais, destacando-se o abacaxi, o abacate, o caju, o mamão, a manga, o maracujá, a acerola e a goiaba (Lousada Júnior et al., 2005). Como consequência, há um grande número de agroindústrias instaladas na região, beneficiando frutas e fazendo com que aumente a produção de subprodutos agroindustriais que podem ser aproveitados nas dietas de pequenos ruminantes.

O abacaxi (*Ananas comosus* L., Merr.) é uma das frutas tropicais mais populares do mundo, e o Brasil é um dos principais centros produtores da espécie, tendo, na região Nordeste, o estado da Paraíba como maior produtor, com uma produção de 347,5 mil frutos no ano de 2007 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009). Do abacaxizeiro, apenas o fruto, que compreende 38% da planta, é comercializável, sendo o restante (folhas, caules e raízes) considerado resíduo agrícola (Py et al., 1984). Além de usado ao natural, o abacaxi pode ser industrializado (extração do suco, fruto em calda ou enlatado) e vários subprodutos podem ser obtidos, apresentando um rendimento médio de 30 a 40%.

O resultado do processamento do fruto do abacaxi, bastante presente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, constitui casca, coroa, brotos, gomos, miolo e aparas, além da polpa de onde se extrai o suco (Oliveira, 2003). Estes constituintes podem ser desidratados, originando o farelo de abacaxi. Boa parte da planta (72%), correspondente às folhas, caules e raízes, é pouco aproveitada mesmo tendo boas características forrageiras (Vasconcelos et al., 2002).

O caju, por sua vez, apresenta produção expressiva no Nordeste e ocupa lugar de destaque entre as frutas tropicais, considerando a crescente comercialização da amêndoa e do LCC (líquido da castanha de caju), empregados na indústria de plásticos, vernizes, isolantes e inseticidas. A castanha é o verdadeiro fruto que contém no seu interior a amêndoa. O pseudofruto é o pedúnculo hipertrofiado, carnoso e suculento, rico em vitamina C. O bagaço oriundo da extração do suco pode ser usado na alimentação de ruminantes. Do peso do fruto, 81% estão representados pelo suco e 19% pelo bagaço úmido. É altamente perecível, contém ácido málico que lhe confere acidez. Em função da presença de tanino em sua constituição (média de 0,45%, no estado de maturação comercial), possui barreira física contra infecção de microrganismos, mas não apresenta resistência à penetração deles, pois a película de revestimento é bastante fina e tem alta umidade (Lavezzo, 1995).

O pedúnculo de caju é um alimento energético, rico em ferro, vitaminas e com alto teor de proteína bruta, podendo ser utilizado na alimentação de ruminantes. A produção

brasileira da polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.) ocorre quase que totalmente na região Nordeste, exatamente no período de estiagem, quando diminui a disponibilidade de forragem na região, forçando o produtor a recorrer ao mercado de rações, compostas principalmente por milho e soja, produtos de alto custo na região.

Trata-se de um recurso alimentar de elevado potencial para utilização como fonte energética em concentrados e para a redução dos custos de produção. Conforme Rogério (2005), o subproduto de caju, consequência da extração do suco, tanto pode constituir um substituto forrageiro, dados os altos valores de fibra encontrados, quanto pode contribuir com os valores de proteína bruta e energia dos suplementos concentrados.

O farelo de castanha de caju (FCC), oriundo das castanhas impróprias para o consumo humano, vem sendo utilizado para a formulação de ração animal, entretanto há poucos dados comprovando sua eficiência na melhoria da produtividade animal. O estado do Ceará é o maior produtor brasileiro, representando 37,97% da produção nacional, ou seja, 140,7 mil toneladas no ano de 2007 (IBGE, 2009). O FCC é um alimento rico em energia (lipídios), e, segundo Palmquist (1989), a vantagem da utilização de lipídios em dietas deve-se ao incremento da densidade calórica da dieta, em razão do seu elevado valor energético, além do fato de tal uso permitir aumento no consumo de energia e balanço mais adequado entre carboidratos estruturais e não estruturais para otimização do consumo de fibra e energia digestível. Entretanto, o monitoramento das dietas deve ser criterioso, pois, usando dieta de ovinos composta por 70% de volumoso e 30% de concentrado contendo farelo de castanha de caju, Rodrigues et al. (2003) verificaram efeito linear negativo no consumo de matéria seca.

A produção de mamão brasileira foi de 1.811.535 toneladas para o ano de 2007 (IBGE, 2009) e, em virtude desse montante, essa fruta constitui potencial alimento para as dietas de ruminantes. O estado da Bahia é o maior produtor nacional, com 47,69% da produção. Um dos principais problemas na produção de mamão são as perdas na fase pós-colheita, as quais chegam a atingir 40% do volume total produzido, conforme Godoy et al. (2009). Saad et al. (2008) avaliaram a composição bromatológica do farelo de mamão desidratado e obtiveram valores de 93,12% de MS; 13,02% de PB; 1,59% de FB; 0,72% de cálcio e 0,88% de fósforo.

O abacateiro (*Persea americana* Mill) é uma planta nativa do México e da América do Sul, onde se registram 94% da produção mundial do abacate, hoje extensivamente cultivado no Brasil. A cultura do abacateiro possui expressiva importância no cenário nacional, já que o Brasil figura como o quarto maior produtor mundial com 169 mil toneladas colhidas em 11,5 hectares cultivados (Food and Agriculture Organization - FAO, 2008). No estado de São Paulo, encontra-se a maior produção, com 70 mil toneladas (IBGE, 2009). A composição centesimal do abacate sem a semente pode ser descrita como: 80% de umidade, 9,78% de lipídios e 1,32% de proteína bruta, conforme Scaloppi Júnior et al. (2008).

A manga (*Mangifera indica* L.) é considerada uma das mais importantes frutas tropicais cultivadas no mundo, posicionando-se, logo após a banana, o abacaxi e o abacate. No Brasil, a manga está disseminada em quase todo o território, com uma produção de 1.272.184 toneladas relativa ao ano de 2007 (IBGE, 2009), destacando-se o estado da Bahia como o maior produtor, com 49,89% da produção nacional nesse ano. De acordo com Neiva et al. (2009), o nordeste brasileiro é tradicional produtor de mangas, possuindo condições climáticas consideradas as melhores do mundo para o cultivo dessa fruta, destacando-se o Vale do Rio São Francisco, desde Pirapora (MG) até Petrolina (PE).

Ainda de acordo com Neiva et al. (2009), o subproduto agroindustrial (casca e caroço), que corresponde de 40 a 60% da fruta, foi utilizado na elaboração de silagem de capim-elefante para alimentação de bovinos, o que representa uma boa fonte nutricional de baixo custo. Vieira et al. (2008) destacaram que a proporção de cascas e caroços da fruta varia de 20 a 30% e de 10 a 30%, respectivamente. Segundo estes autores, a composição do farelo de sementes e cascas de manga se caracteriza por apresentar 92,23% de MS; 3,87% de PB; 37,25% de FDN; 21,84% de FDA; 4,36% de EE; 0,18% de cálcio e 0,11% de fósforo. Os autores relataram também que a fibra é o componente mais abundante do farelo, pois cascas e envoltórios da semente (epicarpo) são tecidos de revestimento e contêm elevados teores de celulose, hemiceluloses e lignina. Embora os valores de minerais, lipídios e proteínas sejam baixos, resultados de outros trabalhos demonstraram que a proteína do subproduto de manga é rica em lisina, e o extrato etéreo contém quantidades apreciáveis de ácidos graxos insaturados, como o oleico e o linoleico (Vieira et al., 2008).

O maracujazeiro é originário da América tropical, compreendendo mais de 150 espécies da família *Passifloraceae* utilizadas para o consumo humano. O Brasil é o maior produtor mundial e apresenta uma produção de mais de 664 mil toneladas (IBGE, 2009). O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) corresponde a cerca de 95% desses plantios, e o maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander) a apenas 5% do total. Os estados da Bahia e do Ceará são os maiores produtores do Brasil, perfazendo a produção de 229 e 116 mil toneladas no ano de 2007, conforme dados do IBGE (2009). O rendimento médio da produção do subproduto, após a extração do suco, é de 65 a 70% e apresenta vasto potencial para o aproveitamento nas dietas de pequenos ruminantes. Duas características bromatológicas principais, que qualificam o referido subproduto, podem ser destacadas: uma é a presença de pectina na casca, e a outra a elevada concentração de lipídios nas sementes. Essas características vêm beneficiar as dietas por contribuir com sua fração energética. Em contrapartida, o excesso de gordura pode prejudicar o aproveitamento da fibra dietética (Devendra e Lewis, 1974). Sob esse aspecto, Rogério (2005) recomendou a inclusão de até 30% do total das dietas para ovinos, o que, segundo esse autor, não ultrapassaria o limite de 7% de extrato etéreo recomendado por (Devendra e Lewis, 1974). Reis et al. (2001) informaram que, nos locais de produção do fruto, o bagaço é fornecido *in natura*, porém a silagem pura do subproduto (casca e semente), em associação com capim-elefante, é uma alternativa viável para alimentação de ruminantes. Para Vasconcelos et al. (2002), deve ser dada melhor atenção ao uso de dietas contendo sementes, haja

vista que dietas com altas concentrações de extrato etéreo podem inibir a digestibilidade das frações fibrosas.

A acerola (*Malpighia glabra* L., *Malpighia punicifolia* L.) é cultivada principalmente nos estados do nordeste brasileiro, sendo a produção nacional de 33 mil toneladas em área colhida de 11 mil hectares no ano de 1996 (IBGE, 2009). Apresenta um rendimento médio de subproduto de 15 a 41%. Na Tabela 1, são apresentados os dados de composição química dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju e maracujá, conforme ensaios experimentais de Rogério (2005).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica (%) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju e maracujá.

Componentes	Abacaxi	Acerola	Caju	Maracujá
Matéria seca (%)	88,51	82,46	89,10	88,26
Proteína bruta (%)	9,25	17,36	13,78	13,46
Proteína bruta verdadeiramente digestível (%)	4,91	11,08	2,89	9,85
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (%)	0,78	1,04	2,87	0,56
Extrato etéreo (%)	1,34	1,57	3,91	7,97
Fibra em detergente neutro (%)	66,14	74,18	79,23	57,14
Fibra em detergente ácido (%)	34,41	59,90	68,59	44,16
Hemiceluloses (%)	31,73	14,28	10,64	12,98
Celulose (%)	37,74	39,28	30,81	40,35
Ligninas (%)	10,05	40,83	37,76	25,69
Cinzas (%)	9,20	2,85	2,78	6,54
Cálcio (%)	2,22	1,26	0,53	0,63
Fósforo (%)	0,03	0,03	0,04	0,03
Carboidratos totais (%)	80,21	78,22	79,53	72,03
Nutrientes digestíveis totais (%)	55,95	46,67	47,20	56,89

Fonte: Rogério (2005).

O processamento da goiaba para a produção de doces, sucos e compotas gera a produção de sementes puras, sementes + frutos descartados, sementes + purê, frutos descartados + sementes + purê. Os subprodutos de goiaba, assim descritos, destacam-se pela grande quantidade produzida, fácil manuseio e aceitabilidade pelos ruminantes. De acordo com Lousada Júnior et al. (2006), a composição bromatológica do subproduto de goiaba é a seguinte: 86,33% de MS; 8,47% de PB; 73,45% de FDN; 54,65% de FDA; 37,20% de celulose; 18,80% de hemiceluloses, todavia apresenta elevado teor de lignina, da ordem de 18,50%. Em termos de NIDA como porcentagem do nitrogênio total, o valor encontrado por estes autores foi alto, representado por 21,03%. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca é baixa, ou seja, 32,20%, e os teores de cálcio e fósforo são de 0,15% e 0,36%, respectivamente.

O Brasil, de importador de melão na década de 60, passou a exportador a partir dos anos 70, sendo a região Nordeste responsável pela maior parte da produção

brasileira. Conforme relataram Vasconcelos et al. (2002a), o subproduto da produção da polpa do melão é composto basicamente de casca, sementes e bagaço, oriundos da prensagem para extração do suco. Os mesmos autores também citaram uma quantidade de 8 a 10% de frutos que são refugados da comercialização interna e externa e que podem ser usados na alimentação animal. De acordo com Lousada Júnior et al. (2006), a composição do subproduto de melão é a seguinte: 84,56% de MS; 17,33% de PB; 59,10% de FDN; 49,18% de FDA; 32,60% de celulose; 9,92% de hemiceluloses. Como foi observado na maioria dos subprodutos de frutas estudados por estes autores, o teor de lignina também foi bastante elevado (16,61% na matéria seca), o que resultou em um NIDA de 14,76% em relação à porcentagem de nitrogênio total. Dentre os subprodutos estudados por estes autores, o subproduto de melão representou o maior teor de pectina (31,35%).

Pompeu et al. (2002) avaliaram a composição químico-bromatológica e fermentativa de silagens contendo 0, 5, 10, 15 e 20% do subproduto da produção de polpa de melão e observaram elevações nos teores de matéria seca, o que permitiria uma boa condição para o processo fermentativo. Entretanto, os autores observaram que o processo fermentativo não ocorreu de forma satisfatória, pois, com a adição do subproduto, os valores de pH se elevaram e atingiram níveis que caracterizam silagens de baixa qualidade. Os autores observaram ainda que a adição de subproduto elevou os teores de proteína bruta das silagens.

Com o incremento da indústria vitivinícola no Brasil, os subprodutos oriundos desse processamento agroindustrial representam cada vez maior interesse devido também ao aspecto ambiental resultante do montante que é produzido. De acordo com Silva (2009), os subprodutos da vinificação caracterizam-se como sendo o bagaço (produto resultante da prensagem das massas víquicas compostas pelos engaços e pedúnculos das uvas), as cascas, os engaços (ricos em celulose e lignina, porção menos nutritiva) e a borra (resíduo depositado nos recipientes que contenham vinho após a fermentação). A produção nacional de uva é da ordem de 1.371.555 toneladas, conforme dados do IBGE (2009) relativos ao ano de 2007, sendo o estado do Rio Grande do Sul o responsável por 51,34% da produção nacional. De acordo com Goes et al. (2008), o resíduo de vinícola constitui 95,26% de MS; 7,85% de PB; 52,53% de FDN e 27,76% de FDA.

A polpa cítrica é o produto final do suco de laranja, obtido pelo processamento de subprodutos sólidos e líquidos, como casca, sementes e a polpa de laranja, equivalendo a cerca de 50% do peso de cada laranja, com 82% de umidade (Scoton, 2003). Uma tonelada de suco concentrado, obtido pela moagem de 12 toneladas de laranja, envolve a produção de 1,2 tonelada de resíduo industrial composto de casca, polpa e semente (Carvalho, 1992).

Para Ítavo et al. (2000), o bagaço da laranja representa 42% do total da fruta e tem composição bromatológica destacada, no que diz respeito aos teores de NDT (83-88% em matéria seca), PB (7,0% em MS), FDN (23% em MS), FDA (22% em MS) e cerca de 84% de digestibilidade da matéria seca, constituindo importante suplemento às

dietas de ruminantes. Por essa razão, é considerado como concentrado energético, todavia Fegeros et al. (1995) destacaram que parâmetros de fermentação ruminal, obtidos experimentalmente em animais que receberam esse alimento em suas dietas, caracterizam-no como um alimento intermediário entre volumoso e concentrado.

Ainda segundo este autor, a queima da polpa, devido ao excesso de calor durante a secagem, assim como o tempo de armazenamento, entre outros fatores, pode influenciar o seu valor nutricional. O teor de minerais, por exemplo, pode variar de 2 a 11% na matéria seca devido a erros durante o processamento ou pelo excesso de temperatura durante a secagem. A polpa cítrica apresenta elevado teor de cálcio, e, por causa disso, é importante dar-se atenção para a relação cálcio e fósforo em formulações dietéticas de ruminantes, sendo necessária a suplementação com fontes extras de fósforo para as devidas correções.

O aumento do consumo mundial de corantes naturais tem impulsionado o plantio de urucum (*Bixa orellana* L.), em regime de agricultura familiar no nordeste brasileiro. O subproduto de semente de urucum é de baixo custo, descartado pela indústria em quantidades de aproximadamente 2600 toneladas ao ano (Pimentel, 1995). Pesquisas sobre a utilização deste subproduto na alimentação animal ainda são escassas. Este subproduto pode ser usado em rações em substituição aos alimentos proteicos.

A composição bromatológica da semente de urucum é de 88,73% de MS; 13,38% de PB; 16,5% de FB; 0,29% de cálcio e 0,5% de fósforo. Essa composição nutritiva pode variar devido às diferentes origens dos subprodutos avaliados, uma vez que a composição dos alimentos de origem vegetal é influenciada por fatores, como solo, chuva, variedade genética e, no caso de subprodutos, pelo tipo de processamento a que foram submetidos.

A *Bixa orellana* L. (urucum) pertence à família botânica *Bixaceae*. Internacionalmente conhecida como *annatto*, é uma espécie nativa do Brasil e de outras regiões tropicais do planeta (Costa, 2005). O uso de aditivos com a intenção de tornar os alimentos visualmente mais atraentes, seja na indústria alimentícia ou no uso doméstico cotidiano, é bastante comum. O corante extraído do pericarpo das sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), um arbusto nativo do Brasil e de outras regiões tropicais do planeta, recebe a denominação internacional de “*annatto*”. O *annatto* (anato) é uma mistura de pigmentos de coloração amarelo-alaranjada em consequência da presença de vários carotenoides, com predominância absoluta de um atípico, conhecido como bixina. No Brasil, além do amplo emprego na indústria, a preparação comercial contendo 0,20-0,25% de bixina é conhecida como colorau, componente indissociável de inúmeros pratos da culinária brasileira. Este é produzido a partir das sementes de urucum, previamente aquecidas a 70°C em óleo vegetal, seguido de abrasão com fubá ou farinha de mandioca ou pela mistura destas com urucum em pó, obtido por extração com solventes.

De acordo com Moraes (2007), o resíduo agroindustrial da semente de urucum é o subproduto da extração agroindustrial da bixina, corante natural largamente utilizado pela indústria alimentícia. Ainda segundo esta autora, o aumento da escala de

extração agroindustrial da bixina resulta em 94 a 98% de sobras, que atualmente são descartadas pela indústria. Este resíduo, já caracterizado quimicamente, vem sendo testado nutricionalmente de diversas maneiras para utilização na dieta animal.

Atualmente, o número de trabalhos sobre a utilização desse resíduo do beneficiamento do urucum é insatisfatório. Segundo Utiyama et al. (2002), este subproduto apresenta 14,7% de proteína bruta (PB), 12,5 a 14,4% de fibra bruta (FB), 36,8% de fibra em detergente neutro (FDN) e 20,2% de fibra em detergente ácido (FDA).

Na Tabela 2, observa-se a produção de frutas, conforme o IBGE (2009), relativa à safra de 2007, e seus subprodutos, por região do Brasil. A produção agrícola foi tomada como referência para as estimativas de disponibilidade dos subprodutos, que foram calculadas de acordo com os valores de rendimentos em percentual descritos por Carvalho (1992).

Do cultivo da bananeira, presente em todas as regiões do Brasil, obtêm-se diversos subprodutos. O pseudocaule, o coração ou mangará, as folhas e as frutas descartadas da bananeira podem ser usados como resíduos forrageiros, com as devidas adequações dietéticas. Segundo Foulkes et al. (1978), citados por Lavezzo (1995), as folhas representam 25% do peso seco da planta, enquanto o pseudocaule representa 39% desse total, e as frutas 37%. A oscilação na disponibilidade e a instabilidade do fornecimento desses constituintes, todavia, limitam a aceitação desses subprodutos por parte dos pecuaristas. Os subprodutos oriundos da cultura da banana, em conjunto, apresentam-se relevantes à alimentação de ruminantes, notadamente por possuírem a maioria dos nutrientes requeridos por esses animais, combinados na mesma planta. Ademais, a produção de biomassa por unidade de área (hectare) é elevada, variando de 132 a 353 toneladas de massa verde, o que corresponde a um valor compreendido entre 19 e 51 toneladas de matéria seca por hectare (Lavezzo, 1995).

Do beneficiamento do grão do café resultam como subprodutos a polpa e a casca, sendo esta última a mais comum dos subprodutos, em virtude do preparo do grão via seca realizado no Brasil. A polpa é obtida pelo processo via úmida, mais comum em outros países. As cascas de café representam 66% do peso total do grão e apresentam alto teor em lignina. A palha contém também polpa, além da mucilagem e da casquinha (Carvalho, 1992). O uso desses subprodutos vem sendo intensificado no Brasil, sendo viável para produtores que dispõem desse recurso, e sua utilização acontece, principalmente, no período seco do ano. Recomenda-se sua inclusão na alimentação de ruminantes em até 30% do concentrado de vacas em lactação e em 40% do concentrado de novilhos confinados (Barcelos et al., 2001).

Tabela 2. Produção agrícola (P) e estimativa de disponibilidade de subprodutos para alimentação animal (E), em função dos percentuais de rendimentos (S), por região do Brasil em 2007, em mil toneladas e em mil frutos.

PRODUTO	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
*Abacaxi	488,2	-	689,4	-	101,6	-	419,2	-	15,7	-
Banana	0,498	0,224	474,4	213,5	0,264	0,118	0,818	0,368	19,4	8,7
Castanha de caju	1018,6	356,5	284,6	99,6	233,2	81,6	2003,4	701,2	996,8	348,9
Laranja	2,178	1,13	138,2	71,8	0,297	-	-	-	-	-
Maracujá	247,0	128,4	1769,6	920,2	127,5	66,3	15565,6	8094,1	975,2	507,1
Melão	49,4	32,09	421,4	273,9	22,1	14,3	156,9	102,0	14,5	9,4
Uva	0,296	0,068	294,6	67,6	7,8	1,8	211,2	48,6	857,9	197,3
Cacau	133	66	59	29,9	7,5	3,7	-	-	0,308	0,154
Café	157	78	106	53	1855	927,5	97	48	32,3	16,1
Tomate	514	51	32	3,2	1493	149,3	552	55	837	83,7
Abacate	8	-	6,7	-	108	-	28,2	-	2,7	-
Goiaba	136	-	5,9	-	138	-	10,2	-	25,4	-
Mamão	1093	-	27,8	-	673	-	4,6	-	11,8	-
Manga	970	388	5	2	281	112,4	11,3	4,5-	3,7	1,5
Urucum	2,5	-	4,6	-	5,5	-	1,1	-	0,105	-

*Mil frutos. Fonte: IBGE (2009)

A produção cacaeira no estado da Bahia constitui uma importante atividade agrícola brasileira, uma vez que representa cerca de 83% do cacau produzido no país, seguido dos estados do Pará, com 10%, e Rondônia, com 5%. A proporção aproveitável de subprodutos do cacau é bastante alta, pois menos de 8% do peso do fruto do cacaeiro, em estado normal de maturação, são usados pela indústria beneficiadora. Um fruto com peso médio de 500g é constituído de 80% de casca e 20% de semente (Freire et al., 1990). O farelo de cacau é o subproduto da retirada do tegumento, antes da torrefação das sementes, para produção de manteiga ou chocolate, sendo encontrado no mercado com preços acessíveis.

O montante de produção de subproduto agroindustrial do tomate representa um percentual de 40-50% do peso total do fruto (Manterola et al., 1992). É composto basicamente do fruto, da casca do fruto, da fração fibrosa da polpa e da semente, dependendo do processamento utilizado pelas indústrias (Oliveira, 2003). A industrialização do tomate gera cerca de 4,5% do peso do fruto em resíduo, sendo 3% de peles e 1,5% de semente, conforme informou Oliveira (2003), que citou diversas alternativas de elaboração de silagem para contornar o problema da alta umidade. De acordo com Campos et al. (2007a), a composição bromatológica do subproduto de tomate pode ser representada por 22,1% de MS; 20,5% de PB; 63,1% de FDN; 50,8% de FDA; 14,9% de EE, todavia o teor de lignina chega a 17,9%, e o NIDA como porcentagem do nitrogênio total é da ordem de 18,6%. Esse fator antinutricional (lignina) pode comprometer o aproveitamento da proteína dietética pelos ruminantes.

2. RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DO USO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Uma linha de pesquisa que tem crescido nos últimos anos é a de avaliação de subprodutos de frutas, geralmente com altos teores de umidade. Alguns resultados de pesquisa mostram que esses subprodutos podem ser utilizados nas dietas de ruminantes sem prejuízos ao seu desempenho produtivo, trazendo, inclusive, contribuições nutricionais significativas. A utilização desses subprodutos pode ser feita por meio da suplementação de animais criados a pasto ou na formulação de dietas para animais em confinamento. A maioria dos trabalhos encontrados na literatura estuda a substituição de subprodutos de reconhecido valor nutricional e de mercado estabelecido, a exemplo dos farelos de milho, de soja e de algodão, por subprodutos de pouca avaliação nutricional e de mercado não tão bem definido. A seguir, serão feitos comentários sobre esses subprodutos de frutas que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes.

2.1. Abacaxi, acerola, caju, goiaba, maracujá e melão

Visando ao conhecimento sobre a real disponibilidade ruminal dos nutrientes dietéticos nos subprodutos de abacaxi, acerola, caju e maracujá, Rogério (2005) avaliou o consumo e a digestibilidade dos nutrientes em dietas para ovinos contendo os referidos subprodutos. As dietas utilizadas foram constituídas de capim-elefante, torta de algodão, farelo de soja, milho e sal mineral contendo macro e microminerais e níveis crescentes dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju e maracujá.

Destaque especial deve ser dado aos teores de proteína bruta e de proteína verdadeiramente digestível demonstrados na Tabela 3 os quais, à exceção do subproduto de caju, foram bem próximos. Provavelmente os altos níveis de taninos existentes no subproduto de caju (Vasconcelos et al., 2002b) foram responsáveis pela menor disponibilidade deste nutriente. Os valores de FDN foram bastante elevados para os subprodutos de caju e acerola principalmente, seguidos dos valores encontrados para os subprodutos de maracujá e abacaxi. Isso provavelmente resultou nos maiores valores de NDT para estes últimos. Vale ressaltar que o subproduto de maracujá compõe-se de casca e semente e que esta última apresenta teor de extrato etéreo em matéria seca de 31,97%, conforme Starling et al. (1997).

Para o subproduto de abacaxi, foi constatado que, se incluído em até 16% do total de dietas para ovinos, não há risco de limitação de consumo e digestibilidade dos nutrientes dietéticos. Neste nível de inclusão, os consumos de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável foram 1,44kg/dia, 237,85g/dia e 2,84Mcal/kg de matéria seca consumida. A digestibilidade da matéria orgânica indicou uma excelente fração de NDT para as dietas que incluíram o subproduto de abacaxi em até 16%. Considerando-se a digestibilidade da proteína bruta, as dietas em que se incluiu o subproduto de abacaxi apresentaram valores semelhantes ao grão de soja (65%).

Tabela 3. Consumo diário de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente ácido (CFDA), expresso em gramas por dia, coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA) e nutrientes digestíveis totais (NDT), de subprodutos da indústria de suco e polpa de frutas, em ovinos.

Subproduto	Consumo de nutrientes			
	CMS	CPB	CFDN	CFDA
Abacaxi	924,2b	75,3c	670,6b	293,3c
Acerola	500,3c	55,5c	351,1c	265,0c
Goiaba	1.527,4a	129,7b	1.126,4a	842,9a
Maracujá	1.200,9ab	148,ab	706,5b	591,3b
Melão	1.157,5ab	193,7a	697,5b	584,5b
CV	2,2	3,3	2,3	2,4

Subproduto	Coeficientes de digestibilidade				
	CDMS	CDPB	CDFDN	CDFDA	NDT
Abacaxi	47,5b	29,0b	50,8a	51,0b	51,0b
Acerola	22,8c	33,2b	16,8c	8,2d	8,2d
Goiaba	30,8c	39,5b	17,7c	13,0d	13,0d
Maracujá	60,0a	54,4 ^a	56,2a	65,4 ^a	65,4a
Melão	47,7b	64,8 ^a	38,7b	38,7c	38,7c
CV	9,5	13,7	11,8	11,2	11,2

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,01$) pelo teste Tukey.

Fonte: Adaptado de Lousada Júnior et al. (2005).

O subproduto de acerola, por sua vez, apesar dos balanços nitrogenados positivos, reduziu o consumo da maioria dos nutrientes dietéticos e deve ser incluído em, no máximo, 8% do total de dietas para ovinos. O risco maior é o da queda de digestibilidade das partículas fibrosas e da proteína bruta dietética, em virtude principalmente dos altos teores de ligninas encontrados. Inclusões de subproduto de acerola em sistemas de produção de ovinos devem ser vistas com cautela, somente sendo recomendadas em condições de melhor relação custo-benefício ou mesmo de escassez de alimentos tradicionais. Incluindo-se o subproduto de acerola em até 12% do total dietético, foram encontrados valores de consumo de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável de 1,5 kg/dia, 214,15 g/dia, 2,3 Mcal/kg de matéria seca consumida, respectivamente.

O valor médio das dietas que incluíram o subproduto de maracujá foi de 66,28% na matéria seca, valor relativamente alto, em se tratando de um subproduto, comparável àquele encontrado para o capim-tifton 85, por exemplo (66,30%), citado por Valadares Filho et al. (2002). Entretanto, houve limitação de consumo da maior parte dos nutrientes quando o subproduto de maracujá foi a principal fonte fibrosa das dietas experimentais. O consumo de fibra em detergente neutro como porcentagem da matéria seca ingerida representou em média 49,79%, o que possibilitou uma distribuição mais uniforme de energia entre as dietas experimentais. O aumento do

consumo de fibra em detergente ácido como porcentagem da matéria seca ingerida também resultou no aumento da inclusão de ligninas. Portanto, a inclusão deve ser de até 18% do total das dietas quando os consumos de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável foram de 1,54 kg/dia, 190 g/dia e 2,66 Mcal/kg de matéria seca.

O subproduto de caju representou prejuízo quando incluído em níveis superiores a 19% do total dietético, principalmente no tocante ao aproveitamento das frações fibrosas e proteicas. Os altos níveis de fibra existentes no subproduto de caju foram determinantes para o aumento dos consumos de FDN e FDA com a inclusão crescente de subproduto, mesmo assim não ocorreu aumento proporcional do consumo de matéria seca diante da baixa digestibilidade desse nutriente. Deve-se considerar que houve queda brusca do balanço nitrogenado ao ser ultrapassado o percentual de 19%, quando praticamente chegou a zero na dieta que incluiu 52% de subproduto de caju. Mais uma vez, a presença de compostos polifenólicos, tais como taninos e ligninas, pode ter indisponibilizado a proteína dietética e, assim, promovido a redução da retenção de nitrogênio. Em 19% de inclusão do subproduto de caju, os consumos de matéria seca, proteína bruta e energia metabolizável foram de 1,44kg/dia, 196,3g/dia, 2,3Mcal/kg de matéria seca consumida, respectivamente.

Visando à quebra da parede celular presente no subproduto de caju com consequente melhoria da disponibilização de nutrientes solúveis bem como à avaliação dos riscos de acidose em dietas com subproduto de caju incluído de 11 a 33% em dietas de cordeiros em terminação, Costa (2008) realizou a moagem do referido subproduto em 3mm (moído finamente) e 19mm (moído grosseiramente). O autor constatou que o grau de moagem aplicado ao subproduto de caju utilizando-se peneiras de 3 e 19mm não afetou os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e frações fibrosas dietéticas. O subproduto de caju, quando moído finamente, todavia, pode reduzir as digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemiceluloses e celulose dietéticas.

Conforme este autor, a inclusão do subproduto de caju em até 33% do total dietético, considerando-se os graus de moagem de 3 a 19mm, não representou riscos para a queda do pH do líquido ruminal, e, portanto, o subproduto de caju pode ser utilizado em dietas para ovinos em terminação em níveis de até 33%, se moído grosseiramente, e, em até 28%, se moído finamente.

Na Tabela 3, constam os valores de digestibilidade de nutrientes obtidos por Lousada Júnior et al. (2005). O trabalho foi apenas exploratório, em virtude da total falta de informações à época sobre o tema, e subsequentemente outros trabalhos com maior detalhamento de investigação foram desenvolvidos.

Lousada Júnior et al. (2005) utilizaram subprodutos da extração de suco e polpas de abacaxi, acerola, goiaba, maracujá e melão, devidamente desidratados ao sol, como alimentos exclusivos para ovinos. O subproduto de abacaxi constituiu cascas e polpas

prensadas; da acerola, sementes com baixa porcentagem de frutos refugados; da goiaba, sementes e polpa macerada; e do maracujá e melão, cascas e sementes.

O menor consumo de matéria seca foi observado nos animais alimentados com o subproduto da acerola, provavelmente, em função do elevado teor em lignina (Tabela 3). O consumo de matéria seca do subproduto de goiaba foi superior ($P < 0,01$) ao verificado com o subproduto de abacaxi, porém não diferiu ($P > 0,05$) dos consumos relativos aos animais que receberam subprodutos de maracujá e melão em sua alimentação, os quais foram semelhantes entre si ($P > 0,05$). Segundo os autores, apesar de o subproduto de goiaba ter teores de FDN e lignina próximos aos da acerola, este apresentou maior consumo de matéria seca, provavelmente em decorrência da alta quantidade de sementes, que têm alta densidade específica, reduzindo a digestibilidade e proporcionando aumento na taxa de passagem, consequentemente maior consumo, em razão do rápido esvaziamento ruminal. Os maiores consumos de proteína bruta foram observados nos animais alimentados com subproduto de maracujá e melão em relação ao que foi observado nos animais que receberam abacaxi e acerola, provavelmente como resultado do maior consumo de matéria seca. Já para os animais que receberam o subproduto de goiaba, foram observados os maiores consumos de FDN e FDA (Lousada Júnior et al., 2005).

Os valores de digestibilidade da MS, FDN e FDA dos subprodutos de acerola e goiaba foram os menores dentre os subprodutos estudados pelos referidos autores; já a análise dessas variáveis relativas ao maracujá resultou nos maiores valores. Considerando-se a digestibilidade da proteína bruta, os maiores valores foram para maracujá e melão (Tabela 3). O subproduto do maracujá apresentou o maior valor de NDT ($P < 0,01$), seguido do subproduto de abacaxi e melão. Os subprodutos de acerola e goiaba apresentaram NDT semelhantes ($P > 0,05$), porém com valores inferiores aos demais ($P < 0,01$). Baseando-se nessas informações experimentais, os autores concluíram que os subprodutos de abacaxi, maracujá e melão podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, enquanto os de acerola e goiaba apresentam limitações, em função dos baixos coeficientes de digestibilidade (Lousada Júnior et al., 2005).

Leite et al. (2004), com o objetivo de avaliar o desempenho de ovinos (Santa Inês x SRD; Somalis Brasileira x SRD) em confinamento, testaram cinco diferentes inclusões de farelo de pedúnculo de caju (40, 50, 60 e 70%) em substituição ao feno de leucena (Tabela 4). Observaram melhor desempenho para os animais alimentados com 50% de leucena e 50% de farelo de pedúnculo de caju desidratado, enquanto os piores desempenhos foram verificados com 70% de feno de leucena ou 70% de farelo de pedúnculo de caju. Uma das possíveis explicações, segundo os autores, seria devido aos taninos que se combinaram com as proteínas, reduzindo a digestibilidade desse nutriente, o que pode ter afetado o desempenho de animais alimentados com maior proporção de farelo de pedúnculo de caju. Entretanto, apesar das diferenças encontradas, os autores afirmaram que todas as dietas foram consumidas de forma similar, pois não registraram sobras significativas, durante a administração.

2.2. Farelo de castanha de caju (FCC)

Costa et al. (2007c), avaliando dietas contendo ou não FCC fornecidas para três grupos genéticos de ovinos ($\frac{1}{2}$ sangue Dorper, $\frac{1}{2}$ sangue Somalis e $\frac{1}{2}$ sangue Santa Inês), perceberam que, de modo geral, não houve limitação da inclusão de FCC, respeitando-se o limite de 7% de extrato etéreo (teor de lipídios) na matéria seca. Conforme Devendra e Lewis (1974), valores superiores a essa recomendação podem comprometer a ação dos microrganismos sobre a degradação da fibra dietética. Esses autores não perceberam alteração do pH do líquido ruminal considerando-se a dieta que incluiu o farelo de castanha de caju em relação à dieta-controle. Entretanto, em Costa et al. (2007b), foi verificado que a inclusão do FCC promoveu redução das concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal, nos grupos genéticos $\frac{1}{2}$ sangue Dorper e $\frac{1}{2}$ sangue Somalis, não tendo sido evidenciado esse efeito sobre o grupo genético Santa Inês. Complementarmente a essa informação, Costa et al. (2007a) identificaram valores de proteínas totais séricas inferiores àqueles recomendados pela literatura. Silva et al. (2007b), em mensurações de concentrações de ureia sérica em ovinos de diferentes raças ($\frac{1}{2}$ Dorper, $\frac{1}{2}$ Somalis e $\frac{1}{2}$ Santa Inês) alimentados com dietas contendo ou não FCC, encontraram que os níveis séricos de ureia foram elevados, o que pode denotar diferenças na disponibilização de compostos nitrogenados e carboidratos no processo fermentativo ruminal. Esses resultados podem indicar que as dietas que incluíram o farelo de castanha de caju provavelmente tiveram seus compostos nitrogenados menos disponibilizados à degradação microbiana ruminal.

Tabela 4. Desempenho de borregos $\frac{1}{2}$ Santa Inês (SI) x $\frac{1}{2}$ SRD e Somalis Brasileira (SB) x $\frac{1}{2}$ SRD, submetidos a dietas compostas por feno de leucena (L) e farelo do pedúnculo do caju (C).

Tratamentos		Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	Ganho diário (g/dia)	Ganho médio (g/dia)
70%L:30%C	SI x SRD	18,7	27,4	8,7c	124c	120c
	SB x SRD	17,8	25,9	8,1c	116c	
60%L:40%C	SI x SRD	19,1	27,5	8,4c	120c	130b
	SB x SRD	18,1	27,9	9,8b	140b	
50%L:50%C	SI x SRD	18,3	29,0	10,7a	153a	153b
	SB x SRD	20,4	31,3	10,7a	153a	
40%L:60%C	SI x SRD	19,1	29,3	10,1b	144b	139b
	SB x SRD	18,1	27,5	9,4b	134b	
30%L:70%C	SI x SRD	18,2	25,2	7,0d	100d	112c
	SB x SRD	18,9	27,6	8,7c	124c	

Médias seguidas por letras diferentes, em uma mesma coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Adaptado de Leite et al. (2004).

Fontenele et al. (2007a), nas mesmas condições de Costa et al. (2007c), observaram que a não inclusão do FCC na dieta dos animais ½ sangue Dorper proporcionou maior eficiência do processo digestivo, dada a redução no tempo despendido em ruminação. Já para os animais ½ sangue Santa Inês, observou-se o contrário, que a inclusão do FCC reduziu o tempo de ruminação com conseqüente incremento da eficiência de ruminação (Fontenele et al., 2007b).

Silva et al. (2007a), avaliando rendimento de carcaça de ovinos em terminação de diferentes raças (½ Dorper, ½ Somalis e ½ Santa Inês), alimentados com dietas contendo ou não FCC, observaram que a inclusão de FCC promoveu a redução do peso vivo e da carcaça fria para o grupamento ½ sangue Santa Inês, todavia isso não resultou em depreciação do rendimento de carcaça para esse grupamento. Silva et al. (2008a) e Silva et al. (2008b), por sua vez, verificaram que os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo em gramas/dia foram maiores para as dietas sem FCC, sendo que os animais ½ Santa Inês foram afetados negativamente quanto aos consumos de MS, MO, PB e EE (gramas/dia). Silva et al. (2008c), considerando-se as digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo, verificaram que a digestibilidade da MS foi inferior nos animais ½ sangue Santa Inês. Esses dados sugerem uma menor adaptabilidade dos animais ½ sangue Santa Inês às dietas com FCC nas mesmas condições aplicadas a esses trabalhos.

2.3. Polpa cítrica

A inclusão da polpa cítrica, em substituição ao milho, na alimentação de vacas leiteiras de alta produção permitiu aumentar o consumo de fibra, sem prejudicar a digestibilidade total da dieta (Scoton, 2003).

Henrique et al. (2003) realizaram experimento objetivando avaliar a ingestão e os coeficientes de digestibilidade de nutrientes em ovinos, que receberam 20% de silagem de milho, 80% de concentrado com níveis crescentes (0, 25, 40 e 55%) de polpa cítrica na matéria seca em substituição ao milho em grão. Verificaram que as ingestões de MS e NDT (Tabela 5) elevaram-se linearmente ($P < 0,05$) com o aumento da porcentagem de polpa cítrica. Os autores relataram que esse aumento pode ter sido decorrente do melhor padrão de fermentação ruminal, devido à presença de pectina na polpa cítrica, o que favoreceria o crescimento de populações celulolíticas no líquido ruminal e o aumento na relação acetato/propionato. Outras hipóteses discutidas pelos autores seriam o efeito associativo positivo entre os ingredientes, ou mesmo algum efeito de melhoria da palatabilidade.

Quanto aos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, Henrique et al. (2003) não identificaram diferenças significativas considerando-se os tratamentos experimentais aplicados (Tabela 5). Em se tratando da digestibilidade da proteína bruta, houve efeito linear ascendente, ou seja, houve melhoria da digestibilidade desse nutriente com o incremento da polpa cítrica dietética. Comportamento semelhante foi identificado com os coeficientes de digestibilidade da

FDA. Esses resultados refletem a qualidade proteica da polpa cítrica e podem indicar a qualidade também da FDA desse subproduto em termos de disponibilização da celulose existente.

Tabela 5. Consumo diário de matéria seca (CMS) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) expresso em gramas por dia, coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA) e das hemiceluloses (CDHCEL), em função da porcentagem de polpa cítrica em dietas para ovinos.

Item (%)	Níveis de substituição do farelo de milho				Regressão	R ²	CV
	0	25	40	55			
Consumo de nutrientes (g/dia)							
CMS	1.064	1150	1244	1233	Y=1.070+0,0034x	0,90	9,35
CNDT	775	826	906	886	Y=0,778+0,0023x	0,83	9,41
Coeficientes de digestibilidade (%)							
CDMS	71,14	71,29	72,24	72,66	-	NS	4,15
CDMO	72,31	72,45	73,85	74,71	-	NS	3,70
CDPB	62,88	64,26	65,37	68,61	Y=62,348+0,0977x	0,88	5,60
CDEE	83,22	73,89	76,75	75,05	-	NS	11,64
CDFDN	64,20	61,49	61,97	66,39	-	NS	6,94
CDFDA	27,87	45,23	51,74	60,48	Y= 28,747+0,5861x	0,99	11,89
CDHCEL	75,28	70,95	69,53	73,13	-	NS	3,70

Fonte: Adaptado de Henrique et al. (2003).

Avaliando o efeito da adição de polpa de citros em substituição à ração concentrada na dieta de ovelhas em lactação, Fegeros et al. (1995) não encontraram efeito negativo sobre a produção de leite e composição de gordura, proteína e lactose do leite. Entretanto, houve uma redução no percentual de ácidos butírico, caproico, caprílico e cáprico. Os ácidos graxos de cadeias longas não foram afetados com a adição deste subproduto. Os autores relataram que a polpa de citros seca pode ser usada em rações concentradas para ovelhas em lactação numa proporção de até 10% da MS total.

Caprinos e ovinos aceitam bem a adição de polpa de citros no nível de até 30% das dietas, não devendo ultrapassar este nível em função da elevada concentração de Ca e baixa de P. Quando adicionada à dieta numa concentração acima de 30% na MS, pode levar à redução ou mesmo suspensão do consumo pelo animal (Ezequiel, 2001).

2.4. Cacau

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos diferentes níveis de farelo de cacau e torta de dendê (0, 15 e 30%) em substituição ao milho e farelo de soja no concentrado, sobre o comportamento ingestivo de cinco cabras Saanen (Carvalho et al., 2004) e sobre a digestibilidade aparente de nutrientes (Silva et al., 2005), estes autores observaram que os animais que receberam dietas contendo 30% de farelo de cacau reduziram ($P < 0,05$) o consumo diário de matéria seca (Tabela 6), possivelmente, em função de maior seleção atribuída à baixa aceitabilidade do farelo de cacau, visto que o aumento da participação da torta de dendê não afetou o consumo. Quanto à digestibilidade aparente dos nutrientes, não houve efeito da substituição parcial do concentrado à base de milho moído e farelo de soja pelos subprodutos, excetuando-se a do extrato etéreo, que foi maior para a dieta com 30% de torta de dendê em relação à dieta com 15% de farelo de cacau (Tabela 6). Os autores concluíram que a inclusão do farelo de cacau ou torta de dendê na dieta, em razão dos regulares valores de digestibilidade aparente, apresentou viabilidade de uso como alternativa na dieta de cabras em lactação.

Tabela 6. Consumo diário de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro (CFDN), coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA), extrato etéreo (CDEE), carboidratos totais (CDCHT), carboidratos fibrosos (CDCF) e não fibrosos (CDCNF) em cabras leiteiras*.

Variáveis	Controle	Farelo de cacau		Torta de dendê		Média	CV (%)
		15%	30%	15%	30%		
Consumo de nutrientes ¹ (g/dia)							
CMS	2.222a	2.245a	1.501b	2.132a	2.209a	2.062	13,81
CFDN	722,4a	757,6a	608,3a	787,8a	876,9a	750,5	19,96
Coeficientes de digestibilidade ² (%)							
CDMS	69,26a	66,07a	60,51a	67,86a	66,46a	66,03	8,22
CDMO	71,47a	68,35a	63,23a	70,01a	68,57a	68,33	7,54
CDPB	66,31a	58,60a	43,73a	62,46a	65,91a	59,40	19,63
CDFDN	53,43a	43,01a	43,07a	48,62a	48,64a	47,33a	22,23
CDFDA	49,44a	40,44a	40,27a	46,52a	48,85a	45,02	19,67
CDEE	86,84ab	84,84b	90,85ab	88,37ab	92,06a	88,59	4,02
CDCHT	70,11a	66,60a	61,48a	67,25a	65,27a	66,14	8,04
CDCF	54,04a	44,59a	42,29a	49,30a	47,00a	47,44	23,92
CDCNF	80,17a	82,24a	79,95a	81,71a	82,17a	81,25	7,40

*Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

Fonte: Adaptado de ¹ Carvalho et al. 2004; ² Silva et al., 2005.

2.5. Urucum, uva, banana, manga, tomate e café

Silva et al. (2008d) compararam valores de pH do líquido ruminal de ovinos alimentados com dietas formuladas conforme o NRC (1985) e o NRC (2007) em diferentes proporções de consumo de proteína não degradável no rúmen, contendo silagem de pasto nativo da zona norte do estado do Ceará e subproduto de urucum. Relataram que não houve risco de queda acentuada do pH do líquido ruminal. Freire et al. (2008), em observações de comportamento ingestivo de ovinos, sob as mesmas condições descritas por Silva et al. (2008c), relataram que dietas contendo silagem de pasto nativo e subproduto de urucum parecem elevar o tempo de outras atividades (tempos de micção, de defecação, de bebida e de consumo de sal mineral). Costa et al. (2008c) deram continuidade às avaliações feitas por Silva et al. (2008d) e Freire et al. (2008), avaliando as concentrações de ureia sérica. Perceberam que, nas mesmas condições de alimentação, houve aumento da oferta desse composto químico, o que poderia resultar em utilização para reciclagem de nitrogênio e/ou síntese proteica microbiana. Em outro trabalho, Costa et al. (2008b) verificaram que não houve influência do uso do subproduto de urucum em dietas compostas por silagem de pasto nativo, milho e farelo de soja fornecidas para ovinos sobre as concentrações séricas de proteínas totais, tendo sido essas concentrações superiores ao mínimo recomendado para esses animais. Para complementar estes dados, Costa et al. (2008a) avaliaram o consumo de proteína bruta no mesmo ensaio experimental e não observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Barroso et al. (2006) observaram que o tipo de concentrado energético associado ao resíduo de vitivinícolas influenciou ($P < 0,05$) o ganho de peso diário de ovinos aos 21, 42 e 63 dias, com maiores respostas em ganho de peso para aqueles alimentados com dietas compostas pelo referido resíduo e grão de milho moído e resíduo e farelo de palma, que, por sua vez, não diferiram ($P > 0,05$) entre si (Tabela 7). Porém, em valores numéricos, a diferença em gramas entre as dietas, que não foram significativamente diferentes, pode representar redução no tempo de confinamento. A conversão alimentar da MS sofreu efeito ($P < 0,05$) da fonte energética da dieta (Tabela 7), com maior eficiência para a combinação do resíduo com o grão de milho moído, seguido pelo farelo de palma e raspa de mandioca.

De acordo com Goes et al. (2008), o resíduo vinícola apresenta média de degradação ruminal da ordem de 54,36%. Segundo esses autores, o resíduo vinícola apresenta alto teor de matéria mineral (10,99%) e teor de FDN de 52,53%, o que pode aumentar a parte indegradável, restando em uma fração solúvel de apenas 19,84%. A fração solúvel da PB do resíduo vinícola, para esses autores, foi de 21,61%, com taxa de degradação média de 4,2%/h, o que acarretou degradabilidade efetiva de 33,82%.

Tabela 7. Pesos vivos médio inicial (PVI) e final (PVF), médias e coeficiente de variação (CV) do ganho diário de peso vivo, expressos em gramas por dia (g/dia) aos 21 (GPVD21), 42 (GPVD42), 63 (GPVD63), quilogramas de ganho de peso vivo total (GPVT) e conversão alimentar da matéria seca (CAMS), no período de 63 dias de confinamento.

Parâmetros	50% de resíduo + 50% de grão de milho moído	50% de resíduo + 50% de raspa de mandioca	50% de resíduo + 50% de farelo de palma	CV (%)
PVI (kg)	23,7	21,4	24,1	-
PVF (kg)	31,0	25,8	32,5	-
GPVD21 (g/dia)	87 a	47 b	93 a	41,87
GPVD42 (g/dia)	152 a	63 b	124 a	23,03
GPVD63 (g/dia)	117 a	71 b	132 a	26,53
GPVT(kg)	7,37	4,47	8,40	-
CAMS	9,28 a	12,77 c	11,30 b	13,01

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Duncan.

Fonte: Adaptado de Barroso et al. (2006).

Clementino (2008) avaliou a adição de subproduto de banana às dietas de ovinos e observou que os consumos diários de MS, expressos em g/dia, %PV e em g/UTM, não foram influenciados ($P > 0,05$). Para esta autora, embora o FDN dietético tenha reduzido e os teores de PB tenham aumentado com a inclusão crescente do subproduto de banana às dietas, esses componentes bromatológicos não foram suficientes para alterar o consumo de MS. Há que se destacar também que, embora o teor de PB das dietas tenha se elevado com a adição de subproduto de banana, a disponibilidade de nitrogênio foi reduzida, pois os teores de NIDA se elevaram de 26,5 para 37,5% quando se comparou a dieta exclusiva de feno de capim-tifton com aquela contendo 80% de subproduto de banana. Diferentemente do observado para os consumos de PB e EE, o consumo de FDN e o de FDA, expressos de diferentes formas, reduziram ($P < 0,01$) linearmente com os níveis de adição de subproduto de banana, provavelmente, conforme Clementino (2008), em razão da redução do teor de FDN e FDA das dietas com a adição do subproduto de banana. Para as digestibilidades da MS e da MO, Clementino (2008) destacou que o efeito verificado foi linear decrescente, ou seja, à medida que se adicionou o subproduto de banana, houve decréscimo das digestibilidades desses nutrientes. Comportamentos similares também foram observados por esta autora para os coeficientes de digestibilidade aparente da FDA e CHO. As digestibilidades da PB, EE e FDN não foram influenciadas pelo aumento da inclusão do subproduto de banana. O valor de NDT, todavia, aumentou, no referido experimento, de 52,59% para 59,45% para os níveis de adição de 0 a 80% de subproduto de banana.

Clementino (2008), avaliando os componentes de carcaça em dietas contendo subproduto de banana (20% do total dietético), subproduto de manga (30% do total dietético) e subproduto de urucum (40%), relatou ainda que a maioria dos cortes

regionais e de suas porcentagens em relação ao peso da carcaça fria e área de olho lombo de cordeiros não diferiram entre as dietas padrão (feno de tifton e concentrado) e com subproduto de banana. Avaliando os atributos sensoriais da carne dos ovinos alimentados com essas dietas, o autor percebeu que houve efeito significativo para o grau de dureza, sendo que os animais que receberam dietas contendo subproduto de banana apresentaram a maior maciez da carne, seguido da carne dos animais que se alimentaram com subproduto de manga e, por fim, com subproduto de urucum. De acordo com a autora, o fator dietético influenciou a deposição de gordura de marmoreio, que provavelmente foi responsável pelas diferenças apresentadas na suculência da carne entre as dietas estudadas.

Já para o subproduto de manga, Clementino (2008) verificou que a adição deste em níveis crescentes para ovinos resultou em maior consumo de matéria seca com a inclusão de 37,3 e 35,9% de subproduto de manga a essas dietas. Acima desses níveis, houve redução do consumo, fato que, conforme a autora, pode ter relação com os altos teores de taninos existentes no referido subproduto, o que pode ter limitado o aporte de nitrogênio para o ambiente ruminal. Vale ressaltar ainda que, como as dietas eram compostas basicamente por feno e pelo subproduto, a adição de subproduto de manga favoreceu o decréscimo da proteína dietética. A autora recomendou a inclusão de até 40% de inclusão do subproduto de manga em dietas para ovinos.

Campos et al. (2007a) avaliaram a degradabilidade ruminal da fibra de diferentes frações do subproduto agroindustrial do tomate. No caso desse ensaio, avaliou-se o subproduto na forma de cascas e de sementes inteiras ou moídas. Segundo os autores, apesar de a FDN e a FDA do subproduto de tomate terem apresentado altas taxas de degradação, o potencial de degradação dessas frações depende do processamento, pois sementes inteiras apresentaram degradabilidades muito inferiores às das sementes moídas. Concluíram que o subproduto de tomate pode constituir boa fonte de nutrientes para os microrganismos ruminais e para bovinos. Campos et al. (2007b) avaliaram a digestibilidade da proteína do subproduto de tomate em bovinos e observaram teores de proteína bruta de 20,5% e digestibilidade total da proteína de 72%. Os autores destacaram que o subproduto de tomate supre pequenas quantidades de proteína para o intestino delgado, sendo a maior parte daquele composto degradado no rúmen.

Oliveira et al. (2007b) avaliaram a substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras e verificaram que níveis de 25 ou 50% de substituição do milho pela casca de café ou pela casca de soja em dietas à base de cana-de-açúcar para vacas com produção de 20kg de leite/dia podem ser utilizados de acordo com a disponibilidade e conveniência econômica. Destacaram que, embora os teores dietéticos de cafeína nas dietas tenham ultrapassado os níveis máximos toleráveis por ruminantes em crescimento (4,5g de cafeína/100kg de PV), não houve redução do consumo com a inclusão de casca de café às dietas. Houve, sim, redução da digestibilidade da proteína como consequência dos altos níveis de lignina existente na casca de café, o que elevou o teor de NIDA. Isso também implicou redução da concentração de amônia ruminal, conforme Oliveira et al. (2007a), que afirmaram,

ainda, que o milho pode ser substituído por casca de café em níveis de 25% ou 50%, sem comprometer a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, a síntese de compostos nitrogenados microbianos ruminais e a eficiência microbiana ruminal de vacas leiteiras.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial de utilização dos diferentes subprodutos (resíduos) da agricultura ou da agroindústria na alimentação de ruminantes é alto, em todas as regiões do Brasil. Entretanto, ainda são poucas as informações disponíveis para a maioria destes subprodutos, seja quanto aos seus valores nutricionais e antinutricionais, assim como a forma de utilização (*in natura*, desidratado, ensilado ou como aditivo), seja quanto ao percentual de participação nas dietas e suas respostas nos aspectos biológicos e econômicos.

Deve-se destacar que a utilização destas alternativas na alimentação de ruminantes pode constituir uma solução para algumas ameaças de poluição ambiental, visto que a maioria destes são armazenados de forma errônea ou eliminados de maneira inadequada.

Esforços devem ser feitos para que mais pesquisas possam ser geradas, e seus resultados disponibilizados o mais rápido possível aos produtores, para que se possa garantir melhor eficiência produtiva dos seus diferentes sistemas de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELOS, A.F.; PAIVA, P.C.A.; PÉREZ, V.B.S. et al. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenada em diferentes períodos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1325-1331, 2001.

BARROSO, D.D.; ARAUJO, G.G.L.; SILVA, D.S. et al. Desempenho de ovinos terminados em confinamento com resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas. *Rev. Ciênc. Rural*, v.36, p.1553-1557, 2006.

CAMPOS, W.E.; BORGES, A.L.C.C.; SATURNINO, H.M. et al. Degradabilidade ruminal das frações do resíduo industrial de tomate. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.189-195, 2007a.

CAMPOS, W.E.; BORGES, A.L.C.C.; SATURNINO, H.M. et al. Digestibilidade de proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método de três etapas. *Rev. Bras. Saúde Prod Anim.*, v.8, p.295-302, 2007b.

CARVALHO, F.C. Disponibilidade de resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1992, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: Embrapa/UEPAE, 1992. p.7-28.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Comportamento ingestivo de cabras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, p.919-925, 2004.

CLEMENTINO, R.H. *Utilização de subprodutos agroindustriais em dietas de ovinos de corte, consumo, digestibilidade, desempenho e características de carcaça*. 2008. 136f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Edital CT-AGRO/MCT/CNPq nº 08/2005. Apoio ao desenvolvimento de tecnologia para redução e utilização de resíduos rurais e agroindustriais e redução das perdas na produção agropecuária. Disponível em: <http://www.cnpq.br>. Acessado em: out. 2005.

COSTA, C.L.S.; CHAVES, M.H. Extraction of pigments from seeds of *Bixa orellana* L.: an alternative for experimental courses in organic chemistry. *Quím Nova*, São Paulo, v.28, n.1, 2005.

COSTA, H.H.A.; FONTENELE, R.M.; RIBEIRO, T.P. et al. Concentrações séricas de proteínas totais de cordeiros de diferentes grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju (*Anacardium occidentale*). In: ZOOTEC 2007: A Zootecnia frente a novos desafios, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, UEL, ABZ, 2007a. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

COSTA, H.H.A.; FONTENELE, R.M.; SILVA, V.L. et al. Concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal de cordeiros de diferentes grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTEC 2007: A Zootecnia frente a novos desafios, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: UEL, ABZ, 2007b. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

COSTA, H.H.A.; FREIRE, A.P.A.; SILVA, V.L. et al. Consumo e digestibilidade da proteína bruta por ovinos recebendo dietas contendo silagem de pasto nativo do nordeste brasileiro e coproduto de urucum, formuladas conforme o NRC (1985) e o NRC (2007). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, ABZ, 2008a. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

COSTA, H.H.A.; ROGÉRIO, M.C.P.; CAVALCANTE, A.C.R. et al. Avaliação do pH do líquido ruminal de cordeiros de diferentes grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTEC 2007: A Zootecnia frente a novos desafios, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: UEL, ABZ, 2007c. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

COSTA, H.H.A.; SILVA, L.S.; RIBEIRO, T.P. et al. Concentrações séricas de proteínas totais em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de pasto nativo do Nordeste brasileiro e coproduto de urucum, formuladas conforme o NRC (1985) e o NRC (2007). In: ZOOTEC 2008: Perfil profissional e demanda de mercado, 1, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, ABZ, 2008b. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>

COSTA, H.H.A.; SILVA, V.L.; RIBEIRO, T.P. et al. Concentrações séricas de ureia em ovinos alimentados com dietas contendo silagem de pasto nativo do Nordeste brasileiro e coproduto de urucum, formuladas conforme o NRC (1985) e o NRC (2007). In: ZOOTEC 2008: perfil profissional e demanda de mercado, 1, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, ABZ, 2008c. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>

COSTA, J.B. *Efeito da inclusão do subproduto de caju (Anacardium occidentale, L.), submetido a diferentes graus de moagem, em dietas para cordeiros em terminação sobre o consumo e a digestibilidade de nutrientes*. 2008. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal. Nutrição Animal) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D.; The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. 2. Digestibility studies. *Anim. Prod.*, v.19, p.67-76, 1974.

EZEQUIEL, J.M.B. Uso da polpa cítrica na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: CBNA, 2001. p.151-166.

FEGEROS, K.; ZERVAS, G.; STAMOULI, S. et al. Nutritive value of dried citrus and its effect no milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1116-1121, 1995.

FONTENELE, R.M.; RIBEIRO, T.P.; COSTA, H.H.A. et al. Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju (*Anacardium occidentale*). In: ZOOTEC 2007: A Zootecnia frente a novos desafios, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: UEL, ABZ, 2007a.

FONTENELE, R.M.; RIBEIRO, T.P.; COSTA, H.H.A. et al. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com farelo de castanha de caju (*Anacardium occdentale*). In: ZOOTEC 2007: A Zootecnia frente a novos desafios, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: UEL, ABZ, 2007b.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. Statistical database. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acessado: 27 jun. 2008.

FREIRE, A.P.A.; SILVA, V.L.; SILVA, G.L. et al. Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de pasto nativo e subproduto de urucum (*Bixa orellana*) formuladas conforme o NRC (1985) e conforme o NRC (2007). In: INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ (UVA), 9., Sobral, CE, 2008. *Anais...* Sobral, CE: UVA, 2008. CD-ROM.

FREIRE, E.S.; ROMEU, A.P.; PASSOS, F.V. *Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheira do cacau*. Ilhéus, BA: CEPLAC/CEPEC, 1990. 24p.

GODOY, R.C.B.; SANTOS, A.P.; SANTOS, D.S. et al. Influência de diferentes pré-tratamentos do mamão na qualidade final de passas e no tempo de secagem. Disponível em: <http://www.fundagres.org.br/downloads/pi-mamao2003_proc_agro_02.pdf>. Acessado em: 11 fev. 2009.

GOES, R.H.T.B.; TRAMONTINI, R.C.M.; ALMEIDA, G.D. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.9, p.715-725, 2008.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.2007-2015, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/bda/estadosat/temas.phplavoura permanente2007>> Acessado em: 10 fev. 2009.

ÍTAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C. et al. Composição e digestibilidade aparente da silagem de bagaço de laranja. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.1485-1490, 2000.

LAVEZZO, O.E.N.M. Abacaxi, banana, caju, uva, maçã. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS E DE BENEFICIAMENTO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. CD-ROM.

LEITE, E.R.; BARROS, N.N.; CAVALCANTE, A.C.R. et al. Terminação em ovinos com a utilização do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) e feno de leucena (*Leucaena leucocephala* L.) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: SBZ, 2004. CD-ROM.

LOUSADA Jr, J.E.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J.N.M. et al. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando a seu aproveitamento na alimentação animal. *Rev. Ciênc. Agron*, v.37, p.70-76, 2006.

LOUSADA Jr., J.E.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.659-669, 2005.

MANTEROLA, B.H.; DINA, C.A.; PORTE, F.E. Valor nutritivo y uso de resíduos hortofrutícolas y agroindustriales em alimentacion de ruminantes. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1992, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos, SP: Embrapa/UEPAE, 1992. p.297-324.

MORAES, S.A. *Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos*. 2007. 46f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

NEIVA, J.N.M.; FERREIRA, A.C.H.; LOUSADA JÚNIOR, J.E. et al. Uso de subprodutos da agroindústria na ensilagem do capim-elefante. Disponível em: <http://www.neef.ufc.br/pal03_.pdf>. Acessado em: 11 fev. 2009.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio ureico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36. p.205-215, 2007a.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.1172-1182, 2007b.

OLIVEIRA, E.R. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação de ovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 3., 2003, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: EMEPA, 2003. CD-ROM.

PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 1989, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1989. p.11-26.

PIMENTEL, F. A. *Avaliação de métodos de obtenção e da estabilidade de pigmentos de sementes de Urucum (Bixa orellana L.)*. 1995. 132f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

POMPEU, R.C.F.F.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) contendo diferentes níveis de subproduto de melão (*Cucumis melo*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: SBZ, 2002. CD-ROM.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. *L'ananas: As culture, sés produits*. Paris: G-P Maisonneuve & Larousse, 1984. 562p.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T. et al. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 2. Compostos nitrogenados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.682-686, 2001.

RODRIGUES, M.M.; NEIVA, J.N.; VASCONCELOS, V.R. et al. Utilização do farelo de castanha de caju na terminação de ovinos em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.240-248, 2003.

ROGÉRIO, M.C.P. *Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos*. 2005. 318f. Tese (Doutorado em Ciência Animal, Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

SAAD, C.E.P.; FERREIRA, W.M.; BORGES, F.M.O. et al. Energia metabolizável de alimentos utilizados na formulação de rações para papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*). *Ciênc. Agrotéc.*, v.32, p.591-597, 2008.

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; HAWTHORNE, C.A.; DE LUCA, C.A. et al. Elvira: Nova variedade de abacate sem semente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAM SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54, 2008, Vitória, ES. *Anais... Proceedings...* Vitória, ES: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. Disponível em: http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/MelhorGenBioestatistica/20080718_143932.pdf.

SCOTON, R.A. *Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação*. 2003. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes *Pesq. Agropec. Bras.*, v.40, p.405-411, 2005.

SILVA, L.M.L.R.; Caracterização dos subprodutos da vinificação. Disponível em: <http://www.ipv..pt/millennium28/10.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2009.

SILVA, V.L.; COSTA, H.H.A.; FONTENELE, R.M. et al. Consumos de matéria seca e de matéria orgânica de cordeiros de três grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTECA 2008: PERFIL PROFISSIONAL E DEMANDA DE MERCADO, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, 2008a. CD-ROM.

SILVA, V.L.; COSTA, H.H.A.; FONTENELE, R.M. et al. Consumos de proteína bruta e de extrato etéreo de cordeiros de três grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTECA 2008: PERFIL PROFISSIONAL E DEMANDA DE MERCADO, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, 2008b. CD-ROM.

SILVA, V.L.; COSTA, H.H.A.; FONTENELE, R.M. et al. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo de cordeiros de três grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTEC 2008: PERFIL PROFISSIONAL E DEMANDA DE MERCADO, 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: UFPB, 2008c. CD-ROM.

SILVA, V.L.; COSTA, H.H.A.; LIMA, R.F. et al. Rendimentos de carcaça de três grupamentos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju (*Anacardium occidentale*). In: ZOOTEC 2007: A ZOOTECNIA FRENTE A NOVOS DESAFIOS, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: ABZ, 2007a. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

SILVA, V.L.; RIBEIRO, T.P., COSTA, H.H.A. et al. Concentrações séricas de ureia de cordeiros de três grupos genéticos alimentados com dietas contendo ou não farelo de castanha de caju. In: ZOOTEC 2007: A ZOOTECNIA FRENTE A NOVOS DESAFIOS, 2007, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: ABZ, 2007b. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/>.

SILVA, V.L.; SILVA, G.L.; FREIRE, A.P.A. et al. Comparação dos valores do pH do líquido ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo silagem de pasto nativo e subproduto de urucum, formuladas conforme o NRC (1985) e o NRC (2007). In: INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ (UVA), 9, 2008, Sobral, CE. *Anais...* Sobral, CE: UVA, 2008d. CD-ROM.

STARLING, J.M.C.; RODRIGUEZ, N.M.; MOURÃO, G.B. Avaliação da semente de maracujá (*Passiflora edulis*) em ensaio de digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.49, p.63-74, 1997.

UTIYAMA, C.E.; MIYADA, V.S.; FIGUEIREDO, A.N. et al. Digestibilidade de nutrientes do resíduo de semente processadas de urucum (*B. orellana* L.) para suínos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife, PE. *Anais...* Recife, PE: SBZ, 2002. CD-ROM.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr, V.R.; CAPPELLE, E.R. *Tabela Brasileira de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, MG: UFV, 2002. 297p.

VASCONCELOS, V.R.; LEITE, E.R.; ROGÉRIO, M.C.P. et al. *Utilização de subproduto da indústria frutífera na alimentação de caprinos e ovinos*. Sobral, CE: EMBRAPA/CNPC, 2002a. 36p. (Documentos, 42).

VASCONCELOS, V.R.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Utilização de subprodutos do processamento de frutas na alimentação de caprinos e ovinos. IN: SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA – PECNORDESTE, 6., Fortaleza, CE. *Anais...* Fortaleza: FAEC, 2002b. p.83-99.

VIEIRA, P.A.F.; QUEIROZ, J.H.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeitos da inclusão de farelo do resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.2173-2178, 2008.

CAPÍTULO 7

POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE

*Alex de Matos Teixeira¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Frederico Osório Velasco³,
Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior⁴, Felipe Antunes Magalhães⁵*

RESUMO

Neste capítulo, são discutidas informações sobre o valor nutricional da polpa cítrica bem como os efeitos de sua inclusão na dieta em relação ao desempenho, à produção e composição do leite. O objetivo deste material é discutir as potencialidades e limitações da polpa cítrica para bovinos de leite.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande quantidade de resíduos e subprodutos da agricultura e da agroindústria, com potencial de uso na alimentação de ruminantes, (Prado e Moreira, 2002). Considerando que estes subprodutos não são possíveis de serem utilizados na alimentação humana e são uma potencial fonte de poluição ambiental, o uso racional tem constituído uma alternativa de grande valia na redução dos custos da alimentação e manutenção dos níveis de produção na alimentação de bovinos (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Dentre estes subprodutos, pode-se destacar a polpa cítrica peletizada, devido ao grande volume de produção de laranjas no país. Com mais de 1 milhão de hectares de plantas cítricas, o Brasil se tornou, na década de 80, o maior produtor mundial (Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos - ABECITRUS, 2008).

1. A LARANJA NO BRASIL

A laranjeira (*Citrus sinensis*), assim como todas as plantas cítricas, é nativa da Ásia, sendo que a mais antiga descrição de citrus aparece na literatura chinesa em 2000 a.C. Relatos históricos citam que a laranja foi levada da Ásia para a África e desta para a Europa.

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

⁵ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. felipeam.vet@gmail.com

A introdução da laranja no Brasil ocorreu no período da colonização portuguesa, por volta de 1530/40, adaptando-se facilmente devido às condições climáticas. Neste período, a importância do cultivo da laranja estava associada a um adequado abastecimento de vitamina C, antídoto do escorbuto que dizimava as tripulações naquela época. Durante o século XIX, a laranja acompanhou a caminhada do café para o interior de São Paulo, porém ainda como uma cultura acessória. Após um período de modernização e importação de tecnologias na citricultura, no início do século XX, a laranja passou a fazer parte dos produtos destinados à exportação e, a partir de 1939, tornou-se um dos dez produtos mais importantes na exportação do país.

Entretanto, com a II Guerra Mundial, os mercados importadores se fecharam e provocaram abandono das culturas de laranja, proporcionando o estabelecimento de pragas (algumas ainda desconhecidas), que somente foram controladas após a criação da Fundecitrus (Fundo Paulista de Defesa da Citricultura).

Até meados de 1993, a polpa cítrica peletizada era desconhecida no país, já que praticamente toda a produção era exportada para a Europa. Porém, no início de 1998, um episódio de intoxicação no rebanho leiteiro da Alemanha, devido ao excesso de dioxina (organoclorado) presente na polpa cítrica peletizada importada do Brasil, fez com que a exportação deste produto caísse drasticamente. Segundo a ABECITRUS (Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos), as exportações reduziram de 1.480.000 toneladas (safra 98/99) para 780.000 (safra 00/01). Posteriormente, a ABECITRUS identificou que a dioxina estava presente em uma partida de cal, solucionando o problema. As dioxinas são formadas pela queima de produtos clorados (pneus, plástico, lixo) e em processos naturais, como a queima de florestas e vulcões ativos. No Brasil, a fonte fornecedora da cal contaminada eram indústrias produtoras de resina de plástico PVC (Andrade, 2002). Mesmo com a descoberta da origem da dioxina e solução do caso, a polpa cítrica peletizada passou, desde então, a fazer parte dos ingredientes utilizados na ração de bovinos no país.

Atualmente a maior parte da produção nacional de laranjas é destinada às indústrias processadoras de suco, as quais estão concentradas em São Paulo, estado responsável por 80% e 98% das produções nacionais de laranja *in natura* e suco, respectivamente. O Brasil é hoje o maior produtor mundial de laranja e líder na produção do suco.

Safra	07/08 (t)	08/09 (t)
Produção de laranja <i>in natura</i> ²	16.320.000	16.730.000
Volume de laranja destinado ao processamento ²	11.465.000	11.832.000
Rendimento de polpa cítrica ¹	836.945	863.736

Fonte: ¹ Rendimento de polpa cítrica: para cada 100Kg de laranja, produzem-se 7,3Kg de polpa cítrica com 8% de umidade (Mejía, 1999); ² United States Department of Agriculture – USDA (2003).

A safra da laranja se inicia em maio e termina em janeiro, período que coincide com a entressafra de grãos, porém há variação de período produtivo entre as diferentes variedades de laranja, existindo variedades precoces (Hamlin), de meia estação (Peras) e tardias (Natal e Valência) (Salvador, 2006).

2. PROCESSAMENTO DA LARANJA

Após prévia seleção manual das laranjas amassadas, atacadas por fungos e desintegradas, as frutas liberadas são submetidas a equipamentos que separam, por meio de compressão, o suco e óleos essenciais da massa da fruta. Além do suco (principal produto) e dos óleos essenciais, outros subprodutos de interesse comercial são obtidos durante o processamento da fruta (Figura 1).

Figura 1. Rendimento teórico de produtos e subprodutos da laranja a partir de 100Kg.
Fonte: Yamanaka, 2005.

Estes subprodutos são o d'limonene, terpenos, líquidos aromáticos e farelo de polpa cítrica peletizada. Os óleos essenciais são óleos voláteis retirados da casca, que são utilizados para dar sabor aos alimentos (sorvete, bebidas) e na fabricação de medicamentos e cosméticos. O d'limonene é um óleo incolor (fonte de terpeno monocíclico), com leve odor cítrico, obtido da destilação do licor cítrico, que provém da prensagem do resíduo úmido da laranja após extração do suco. As aplicações deste produto são variadas, entre elas solvente industrial e componente aromático para obtenção de sabores artificiais de menta e hortelã.

O farelo de polpa cítrica peletizada ou farelo de casca de laranja é obtido por meio do processamento dos resíduos sólidos (casca, semente, bagaço) e líquidos da produção do suco. O processo de obtenção do farelo consiste em três etapas (Costa, 2008):

1. desidratação: por meio de prensagem e adição de hidróxido de cálcio para facilitar a retirada da água e promover um ajuste do pH;
2. adição de melaço: a quantidade é dependente da remoção realizada para padronização do suco (varia com o teor de açúcares da fruta). É determinante no teor de sacarose do farelo;
3. peletização.

O fluxograma do processo completo de obtenção do farelo de polpa cítrica é descrito na Figura 2. Os resíduos da extração do suco correspondem a aproximadamente 50% do peso de uma laranja e apresentam um teor de umidade em torno de 82%. Ao final do processamento, o farelo tem sua umidade reduzida a valores entre 8 e 12%, sendo peletizado para facilitar o manuseio e a estocagem.

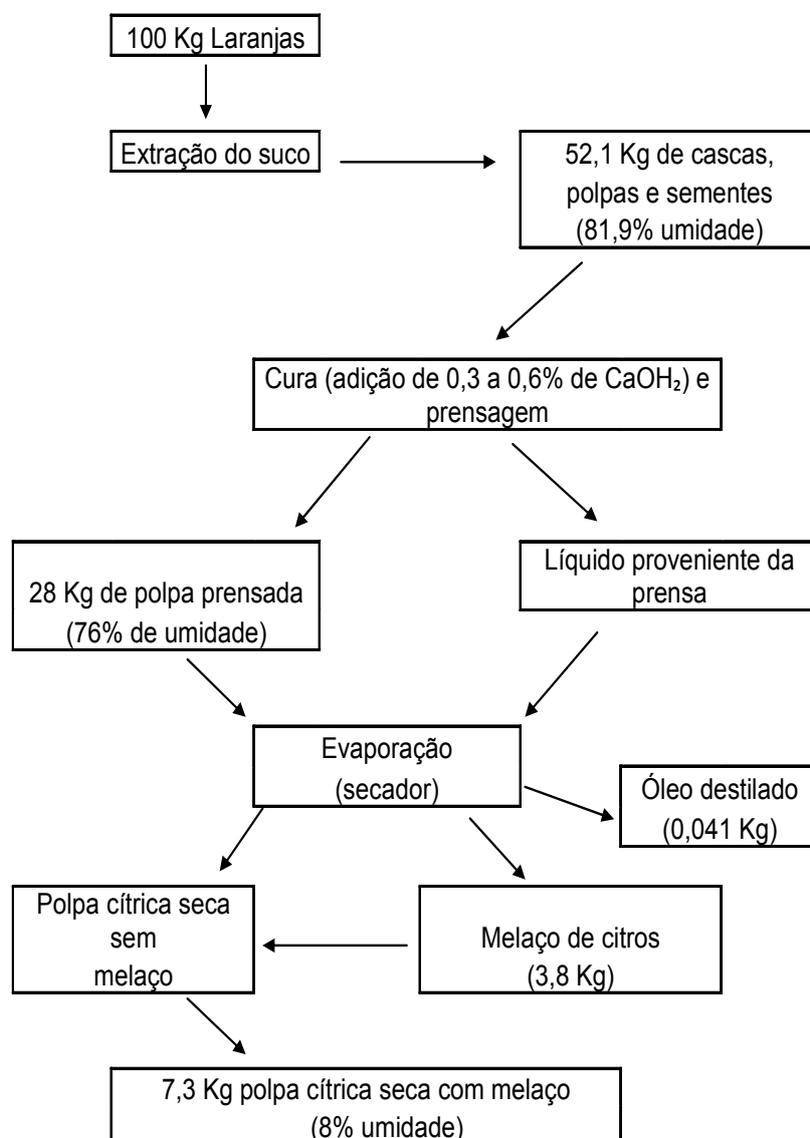


Figura 2. Fluxograma do processamento da polpa cítrica peletizada
 Fonte: Adaptado de Mejía, 1999.

3. VALOR NUTRITIVO

3.1. Composição química

A polpa cítrica peletizada (PCP) é classificada como um concentrado (menos de 18% de fibra bruta) energético (menos de 20% de proteína bruta), porém, em função de seus teores de FDN (fibra insolúvel em detergente neutro) e FDA (fibra insolúvel em detergente ácido) e das suas características de fermentação ruminal, ela se enquadra como um produto intermediário entre volumosos e concentrados (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). A composição química da polpa cítrica peletizada comparada a outros concentrados energéticos pode ser observada na Tabela 1. Os teores de nutrientes na polpa cítrica peletizada podem ser influenciados por uma série de fatores, incluindo o fruto, a quantidade de sementes e o tipo do processamento (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005).

Tabela 1. Composição química da polpa cítrica peletizada e outros concentrados energéticos.

Nutriente	Farelo de trigo ¹	Milho ¹	Polpa cítrica peletizada	Fonte
Matéria seca	89,1%	88,1%	85,80%	National Research Council - NRC, 2001
			85,17%	Adaptado de Mejía, 1999
Proteína bruta	17,3	9,4%	6,90%	NRC, 2001
			6,87%	Adaptado de Mejía, 1999
NDT (nutrientes digestíveis totais)	71,5%	88,7%	79,80%	NRC, 2001
			76,62%	Pereira, 2005
FDN	42,5%	9,5%	24,2%	NRC, 2001
			22,65%	Sarturi, 2008
FDA	15,5%	3,4%	22,2%	NRC, 2001
			17,29%	Sarturi, 2008
Ca	0,13%	0,04%	1,92%	NRC, 2001
			2,02%	Adaptado de Mejía, 1999
Extrato etéreo	4,3%	4,2%	4,9%	NRC, 2001
P	1,18%	0,3%	0,12%	NRC, 2001
			0,19%	Adaptado de Mejía, 1999
Pectina			19,30%	Adaptado de Mejía, 1999
DIVMS		88,29% ²	95,30%	Sarturi, 2008
Lignina	3%	0,9%	0,9%	NRC, 2001
N-FND	2,8%	0,7%	0,4%	NRC, 2001
N-FDA	1,4%	0,3%	0,3%	NRC, 2001

¹ NRC (2001); ² Valadares (2000).

Este alimento apresenta em torno de 85-90% do valor energético do milho, não sendo, assim como este, uma boa fonte proteica (NRC, 2001). Um aspecto importante é o alto teor de cálcio, que pode chegar a 3% da matéria seca, devido a uma das etapas do processamento da polpa, no qual há adição de óxido ou hidróxido de cálcio, associado ao baixo teor de fósforo (0,13% na MS; NRC, 1996).

De acordo com o modelo proposto por Hall (2000) (Figura 3), os carboidratos presentes nos alimentos podem ser fracionados em dois grandes grupos. O primeiro

grupo, denominado de carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN), representa o amido disponível e os mono e oligossacarídeos. O segundo grupo, fibra total, também pode ser chamado de polissacarídeos da parede celular ou não amiláceos, (PNA) e é composto por celulose, hemiceluloses e substâncias pécnicas (Choct, 1997). Os PNA, dependendo da solubilidade de seus componentes, podem ser classificados como solúvel (pectina e hemiceluloses solúveis) e insolúvel (celulose, lignina, hemiceluloses insolúveis).

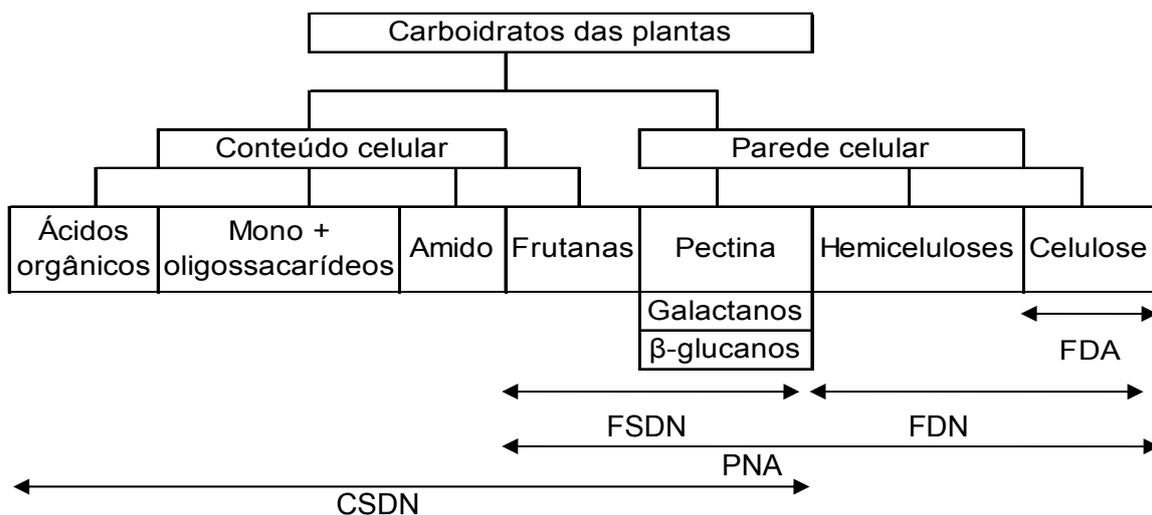


Figura 3. Fracionamento de carboidratos.
Fonte: Adaptado de Hall (2000).

Baseando-se no modelo anterior, Lima (2004) determinou o fracionamento dos carboidratos constituintes da polpa cítrica peletizada, encontrando a seguinte composição:

- amido solúvel: 12%;
- amido disponível: 0%;
- amido resistente: 2%;
- fibra total: 43%;
- FDN: 15%;
- fibra solúvel: 28%.

A PCP possui um teor muito baixo de amido, porém um alto teor de AS, principalmente glicose (16,2% da MS; Miron et al., 2001), que é majoritariamente originária do melaço adicionado à polpa seca antes da peletização, já que este monossacarídeo representa apenas 1,4 a 2,4% do peso molecular total da pectina (Salvador, 2006). Observa-se um teor de FDN intermediário, sendo que a polpa tem baixíssimo conteúdo de hemiceluloses, é rica em celulose e é de baixa lignificação (Salvador, 2006).

A polpa cítrica peletizada apresenta em sua composição 25% da MS em pectina (Scoton, 2003). A pectina (contida na fibra solúvel) é um carboidrato estrutural que não está covalentemente ligado às porções lignificadas, sendo quase totalmente (90-

100%) degradável no rúmen (Nocek e Tamminga, 1991; Stern e Zeimer, 1993). O principal constituinte deste polissacarídeo é o ácido galacturônico, que representa 75% da molécula (Costa, 2008). Segundo Van Soest (1994), a pectina é o carboidrato complexo de mais rápida degradação ruminal.

Além do baixo teor de proteína bruta (influenciado pela quantidade de sementes), as altas temperaturas (entre 100 e 116°C), durante o processamento da PCP, associadas ao alto teor de açúcares totais, resultam na formação de produtos de Maillard, reduzindo a digestibilidade do N-total (Mejía, 1999).

A proteína da PCP é considerada deficiente em alguns aminoácidos, principalmente metionina (Ladeira, 2003). A composição em aminoácidos encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Composição em aminoácidos de polpa cítrica peletizada seca de origem brasileira (matéria natural).

Aminoácido	¹ Mejía (1999)	¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1991)	Fontes (2007) Milho comum
Lisina	0,12	0,2	0,291
Metionina		0,08	0,186
Treonina	0,17	0,19	0,349
Ácido aspártico	0,63		0,579
Ácido glutâmico	0,49		0,535
Alanina	0,26		0,603
Glicina	0,25		0,300
Isoleucina	0,11	0,23	0,264
Leucina	0,31	0,41	1,069
Valina	0,12	0,37	0,424
Fenilalanina	0,34	0,21	0,425
Tirosina	0,12		0,205
Histidina	0,21		0,333
Cistina		0,1	0,206
Prolina	0,63		0,817

Fonte: ¹Adaptado de Mejía (1999).

3.2. Fermentação ruminal

Apesar de apresentar potencial de produção de ácido láctico pelo seu alto teor de carboidratos solúveis, a polpa cítrica peletizada apresenta tendência em manter o pH ruminal mais elevado e aumentar a produção de ácido acético, em comparação aos alimentos energéticos tradicionais, como o milho e o sorgo (Lima, 2004). Em geral, os nutrientes metabolizáveis gerados a partir de açúcares e amido tendem a ser gliconeogênicos, enquanto, a partir da pectina e fibra, são lipogênicos (Costa, 2008).

Rocha Filho et al. (1999) conduziram um ensaio para avaliar os efeitos da polpa cítrica e do milho em substituição à silagem de milho sobre a produção de ácidos graxos

voláteis (AGV) no rúmen. A dieta contendo polpa cítrica proporcionou maior produção de acetato e butirato em comparação àquela contendo milho. Enquanto as produções totais de AGV foram semelhantes, as relações acetato/propionato ruminal foram diferentes estatisticamente, sendo 3,04 e 2,59 para as dietas com PCP e milho, respectivamente.

Segundo Van Soest (1994), a inclusão de fontes de pectina na dieta em substituição de parte dos carboidratos não estruturais (amidos e açúcares) traz benefícios à nutrição e à produção de ruminantes: a) a degradação ruminal da pectina não contribui para o abaixamento do pH porque não gera ácido láctico; b) a cadeia principal de ácido galacturônico da pectina proporciona potencial tamponante ruminal, por meio da troca de cátions e ligação aos íons metálicos; e c) a fermentação da pectina gera elevada relação acetato/propionato (A/P), favorecendo a produção de gordura do leite e de leite corrigido para gordura.

Outro fator que contribui para a estabilidade da fermentação ruminal é que a moagem não é necessária para a fabricação da PCP, mantendo as propriedades nutricionais deste alimento em relação à efetividade da fibra (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Quando imersos no fluido ruminal, os *pellets* se expandem e voltam à sua forma original (Wing, 1975), estimulando a ruminação, a mastigação e a produção de saliva.

3.3. Digestibilidade e degradabilidade

Goes et al. (2004) encontraram valores de degradabilidade efetiva da MS para a polpa cítrica peletizada de 86,1; 76,6 e 70,2% a taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, respectivamente, sendo superiores ao farelo de soja (84,1; 71,3 e 63,7%) e milho (76; 59,6 e 51%), demonstrando alto valor energético da PCP. Esses valores são superiores aos encontrados por Martins et al. (1999) para polpa cítrica peletizada desidratada (79,8; 67,5 e 61,7).

Schultz et al. (1993) estudaram a degradabilidade ruminal de diversos subprodutos por meio da técnica de degradação *in situ* e concluíram que a PCP é rápida e extensamente degradada no rúmen, sendo superior em degradação quando comparada ao milho laminado. De forma semelhante, Oliveira et al. (2008) observaram aumento da degradação efetiva e da taxa de degradação quando substituíram parcial e totalmente o milho moído pela PCP, nas dietas de vacas não lactantes.

Em função da sua rápida degradabilidade ruminal, a polpa cítrica peletizada é um alimento interessante de ser utilizado em dietas com elevadas concentrações de proteína solúvel, contribuindo para um melhor aproveitamento da amônia produzida e reduzindo os seus efeitos tóxicos no rúmen (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Isso porque, quando a velocidade de síntese de amônia pelos microrganismos supera a sua utilização, há uma elevação das concentrações de NH₃ no rúmen com consequente aumento da excreção de ureia, resultando em perda de proteína e energia (Russel et al., 1992; Morrison e Mackie, 1996). Em dietas com alto teor de polpa cítrica peletizada, a ureia sanguínea foi significativamente menor do que na dieta com milho, o que permite deduzir que houve maior retenção e, conseqüentemente,

utilização mais eficiente da proteína pelos animais que receberam PCP (Scoton, 2003).

Fegeros et al. (1995) avaliaram o consumo e a digestibilidade aparente total da polpa cítrica peletizada em carneiros e encontraram os valores descritos na Tabela 3. Foram utilizados seis carneiros, em um quadrado latino 6 X 6, onde, por diferença entre as dietas, foram determinadas as digestibilidades dos nutrientes da PCP. As dietas consistiam em 800g/dia de feno e quantidades crescentes de polpa (75, 150, 225, 300, 375 e 450g/dia).

Tabela 3. Digestibilidade aparente total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrato não nitrogenado (ENN) da polpa cítrica peletizada.

Nutriente	MS	MO	PB	EE	FB	ENN
Digestibilidade total	78,6	87,2	52,7	82,0	93,2	83,1

Fonte: Fegeros et al. (1995).

Os dados de digestibilidade aparente da MS, da MO e da PB foram 78,6%; 87,2% e 52,7%, respectivamente, estando coerentes com os intervalos descritos por Wainman e Dewey (1988), após vários experimentos com carneiros, para a digestibilidade da MS (78 a 92%), da MO (83 a 96%) e da PB (40 a 65%) da polpa cítrica peletizada. Bruno Filho et al. (2000) observaram que a inclusão de polpa cítrica peletizada nas dietas de bovinos aumenta a digestibilidade dos nutrientes, devido ao incremento na densidade energética da ração, porém reduz a digestibilidade da proteína bruta, o que pode ser explicado pelo alto teor de nitrogênio retido na fração fibrosa (N-FDA). Estes efeitos sobre as digestibilidades dos nutrientes da dieta também foram observados por Oliveira et al. (2008).

4. DESEMPENHO ANIMAL

O uso de polpa cítrica peletizada na dieta de bovinos está associado à substituição de grãos de cereais, levando em consideração: preço dos insumos, disponibilidade destes, categoria animal, nível de produção, composição do leite.

Apesar de alguns autores questionarem a inclusão de polpa cítrica peletizada na dieta de bezerros antes dos 60 dias, devido à sua palatabilidade (Coimbra, 2002), Schalch et al. (2001) avaliaram a utilização de PCP na desmama precoce de bezerros leiteiros e concluíram que ela pode substituir até 100% do milho em concentrados peletizados com adição de 5% de leite em pó desnatado, sem que haja alterações no desempenho, na ingestão de matéria seca, na capacidade e no desenvolvimento ruminal. Em experimento semelhante, Coimbra (2002) também concluiu que a utilização de PCP em substituição ao milho no concentrado de bezerros até 90 dias de idade não provocou quedas no desempenho dos animais, além de ser vantajosa economicamente.

Mendes Neto et al. (2007) avaliaram os efeitos de quatro níveis (0; 16,6; 33,3 e 50%) de substituição do feno de tifton pela polpa cítrica em novilhas leiteiras (grau de sangue variando de 7/8 Holandês-Zebu a puro por cruza) com peso médio inicial de 184Kg. Os autores observaram efeito linear positivo sobre o consumo de matéria seca e o ganho de peso, e negativo sobre custo por quilograma de ganho de peso, concluindo que, nas condições do experimento, a substituição de até 50% do feno (ou 35% da MS da dieta) pela polpa cítrica para novilhas leiteiras aumenta a viabilidade econômica da atividade.

Andrade (2002), trabalhando com vacas puras por cruza e mestiças (1/2 sangue Holandês/Gir) com produção de leite acima de 25Kg/dia, observou que a substituição parcial (50%) ou total do milho por PCP em dietas com silagem de milho como fonte forrageira reduziu a ingestão de matéria seca, o que pode ser explicado, segundo o autor, pelo aumento no teor de FDN e FDA nas dietas que continham polpa. Neste caso, mesmo com ingestões de matéria seca mais baixas, os consumos de FDN e FDA foram superiores nos animais que receberam dieta com polpa.

Dentre seis experimentos avaliando a substituição do milho pela polpa cítrica peletizada na dieta de vacas em lactação, em quatro trabalhos não ocorreu alteração da produção de leite (Solomon et al., 2000; Assis et al., 2004; Moreira et al., 2004; Tavares et al., 2005). Dos experimentos realizados com vacas de alta produção (Leiva et al., 2000; Solomon et al., 2000; Broderick et al., 2002), dois deles (Leiva et al., 2000; Broderick et al., 2002) apresentaram efeito negativo da substituição do milho pela PCP sobre a produção de leite. Quanto à composição do leite, em dois dos seis experimentos não foram observadas alterações (Assis et al., 2004; Moreira et al., 2004).

Leiva et al. (2000) e Veiga et al. (2008) observaram aumentos significativos no teor de gordura do leite quando a polpa cítrica peletizada substituiu o milho da dieta em 100%. Para Leiva et al. (2000), este fato pode ter sido resultado da diluição pelo maior volume diário de produção de leite na dieta com o milho. Entretanto, Solomon et al. (2000) e Broderick et al. (2002), trabalhando com vacas de alta produção leiteira, assim como Leiva et al. (2000), não detectaram efeito da substituição de milho por polpa sobre o teor de gordura no leite. Apesar de ser esperado um maior teor de gordura no leite quando pectina e fibra de polpa substituem o milho no concentrado, as respostas encontradas nos experimentos não têm sido consistentes, devido a diferenças no teor dietético, no tipo e tamanho de partículas de forragem utilizadas, no tipo e teor dietético do amido substituído por polpa e em fatores ligados à capacidade genética de produzir gordura e estágio de lactação das unidades experimentais (Salvador, 2006).

A substituição de milho por polpa cítrica peletizada nas dietas de vacas de alta produção (acima de 30Kg/dia) reduziu a excreção diária de proteína, resultando em menor teor de proteína no leite (Solomon et al., 2000; Broderick et al., 2002). A excreção de proteína no leite é dependente do fluxo de proteína no intestino delgado, sendo que a principal fonte desta é a proteína microbiana (Salvador, 2006). Hall e Herejk (2001) mensuraram a produção da proteína microbiana *in vitro* quando o substrato fermentativo foi pectina, amido, sacarose ou fibra. Comparada ao amido, a

pectina proporcionou um crescimento microbiano mais rápido, atingindo o pico de crescimento mais precocemente. Entretanto, o amido foi o substrato que proporcionou a maior produção total de proteína microbiana, tendo a pectina produzido 88% do crescimento induzido pelo amido.

Este menor potencial para produção de proteína microbiana apresentado pela pectina está associado ao fato de que a via glicolítica utilizada pelas bactérias pectinolíticas, ruminais é menos eficiente. Enquanto a via Embden-Meyerhoff, principal via glicolítica das bactérias ruminais (Hobson, 1988), apresenta um saldo de dois ATP por mol de glicose, a via Entner-Doudoroff modificada, utilizada pelas bactérias pectinolíticas, apresenta um saldo de zero ou apenas um ATP (Salvador, 2006).

Outra hipótese refere-se à maior mobilização de aminoácidos gliconeogênicos em dietas com polpa substituindo o milho, devido à menor produção de propionato no rúmen e, conseqüentemente, menor substrato para a síntese de glicose (Salvador, 2006).

5. ARMAZENAMENTO

A polpa cítrica peletizada tem alto poder higroscópico, chegando a elevar seu peso em até 145% (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Em locais onde a umidade relativa do ar é superior a 14%, o crescimento de fungos é favorecido e o material pode até mesmo entrar em combustão. Portanto, um dos principais problemas relacionados à utilização da polpa cítrica peletizada é a sua contaminação por fungos (possivelmente *Penicillium citrinum*) e, conseqüentemente, por micotoxinas, sendo às vezes observados casos de pruridos na pele, síndrome hemorrágica e até a morte de vacas em lactação alimentadas com este produto (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Sendo assim, a polpa cítrica peletizada deve ser armazenada em locais ventilados, secos e cobertos. Recomenda-se não armazenar a polpa cítrica peletizada por mais de 60 dias, porém, em boas condições, ela pode ser armazenada por períodos de até um ano (Andrade, 2002).

Apesar de ser comercializada geralmente sob a forma peletizada seca, há interesse das empresas, principalmente as pequenas, em desenvolver mercados para a polpa úmida (matéria seca entre 15 e 20%), visto que o investimento em secadores pode chegar a 50% do investimento total de uma fábrica de processamento de suco (Carvalho, 1995; Chapman et al., 2000, citados por Sarturi, 2008). Uma das dificuldades na utilização da forma *in natura* seria a necessidade de proximidade à indústria, já que o alto teor de umidade permite que pouca matéria seca seja disponibilizada ao produtor na compra deste produto. Caso contrário, torna-se indispensável a estocagem dela sob a forma de silagem (Sarturi, 2008).

6. INTOXICAÇÃO

Sob o ponto de vista clínico, alguns problemas dermatológicos são relatados na literatura, sempre acompanhados de histórico de má conservação da polpa cítrica

peletizada nas propriedades, onde há contato do material com umidade, proporcionando crescimento de fungos e, por consequência, a produção de toxinas letais (Sarturi, 2008). Em outras duas etapas, também pode ocorrer contaminação. A primeira é no cultivo da laranja, em que a aplicação de pesticidas sobre a lavoura pode deixar resíduos nos subprodutos. A segunda (e de menor incidência em virtude da fiscalização do Ministério da Agricultura sobre as empresas fornecedoras) é no processamento, devido à possibilidade de a cal utilizada conter altos níveis de dioxina (como ocorrido no passado). Atualmente todas as indústrias fornecedoras de cal para a produção de polpa cítrica peletizada fornecem apenas cal de mina (CaO) (Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA, 1998). Em um ensaio biológico, Oliveira (2001) avaliou os parâmetros clínicos e laboratoriais de bovinos adultos mestiços submetidos à alimentação com polpa cítrica peletizada comercial isenta de resíduos de pesticidas e de aflatoxinas durante 45 dias, não observando alterações clínicas nos animais.

7. NÍVEIS DE INCLUSÃO NA DIETA

Para bovinos de leite adultos, o nível de inclusão da polpa cítrica peletizada deve ser de 20-30% da MS total da dieta ou até 4 Kg/animal/dia (Rodrigues e Guimarães Júnior, 2005). Para níveis acima de 20% da MS total, recomenda-se verificar a relação cálcio/fósforo, devido ao alto teor de cálcio da polpa.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Em função das suas características, a polpa cítrica peletizada torna-se um alimento interessante para utilização no período da seca.
- A PCP é uma opção viável para formulação de concentrados para bezerras, sem que haja comprometimento do desempenho destes.
- A substituição do milho por polpa cítrica peletizada em dietas de vacas de baixa produção não interfere na produção e composição do leite.
- Altos níveis de inclusão de polpa cítrica peletizada na dieta passam a ter efeitos negativos sobre produção e/ou composição do leite e ingestão de matéria seca em animais de alta produção.
- Cuidados no armazenamento, assim como vigilância na origem da PCP, são necessários para preservar o valor nutricional desse alimento, bem como a saúde animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, G.A. *Substituição do milho moído por polpa cítrica no desempenho de vacas em lactação*. 2002. 151f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação. 1. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.242-250, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS. Disponível em http://www.abecitrus.com.br/historia_br.html. Acessado em 18 ago. 2008.

BRODERICK, G.A.; MERTENS, D.R.; SIMONST, D.R. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfafa silage. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.1767-1776, 2002.

BRUNO FILHO, J.R.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. et al. Digestibilidade da polpa cítrica peletizada na alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: SBZ, 2000. CD-ROM.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling Int.*, p.13-26, Jun. 1997.

COIMBRA, L.E.P. *Avaliação da substituição do milho pela polpa cítrica em concentrados para bezerros: desempenho e parâmetros da fermentação ruminais*. 2002. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

COSTA, F.M.J. *Resposta de vacas leiteiras alimentadas com polpa cítrica em substituição ao milho, à suplementação com metionina e à ensilagem de grãos de milho duro ou dentado*. Lavras: UFLA, 2008. 136f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. *Tabela de composição química e calores energéticos para suínos e aves*. 3.ed. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSEA, 1991. 97p. (Documentos, 19).

FEGEROS, K.; ZERVAS, G.; STAMOULI, S. et al. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1116-1121, 1995.

FONTES, D.O.; DONZELE, J.L.; MASCARENHAS, A.G. et al. Composição aminoacídica e digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos energéticos determinados com suínos submetidos à anastomose íleo-retal. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, v.59, p.196-202. 2007.

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. *Ciênc. Agrotec.*, v.28, p.167-173, 2004.

HALL, M.B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis*. Gainesville, FL: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2000. 42p.

HALL, M.B.; HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2486-2493, 2001.

HOBSON, P. N. *The rumen microbial ecosystem*. New York, NY: Elsevier Science, 1988. 527p.

LADEIRA, M.M. Polpa cítrica na alimentação de ruminantes. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, n.41, p.55-64, 2003.

LEIVA, E.; HALL, M.B.; VAN HORN, H.H. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2866-2875, 2000.

LIMA, R.F. *Fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos utilizados na alimentação animal*. 2004. 57f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS.

MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.1109-1117, 1999.

MEJÍA, A.M.G. *Estratégias para avaliação nutricional da polpa cítrica em suínos em terminação*. 1999. 90f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

MENDES NETO, J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com polpa cítrica em substituição ao feno de capim-tifton 85. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.618-625, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. O caso do farelo de polpa cítrica contaminado por dioxina. Brasília, DF: MAPA/DFFPA, 1998. 9p. (Nota técnica, 2/98).

MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. *J. Agric. Food Chem.*, v.49, p.2322-2326, 2001.

MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.R.; LANA, A.M.Q. et al. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com polpa cítrica em substituição ao milho grão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS, SBZ, 2004. CD-ROM.

MORRISON, M.; MACKIE, R.I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. *Aust. J. Agric. Res.*, v.47, p.227-246, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy of Press, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requeriments of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3598-3629, 1991.

OLIVEIRA, B.M.L.; ANDRADE, G.A.; RIBEIRO, T.S. et al. Degradabilidade e digestibilidade de nutrientes em vacas submetidas à substituição parcial e total de milho por polpa cítrica peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.

OLIVEIRA, N.J.F. *Polpa cítrica peletizada comercial: estudo clínico e laboratorial em bovinos mestiços*. 2001. 98f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2001.

PEREIRA, E.M. *Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação*. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B. *Suplementação de bovinos no pasto e alimentos alternativos usados na bovinocultura*. Maringá, PR: EDUEM, 2002. 162p.

ROCHA FILHO, R.R.; MACHADO, P.F.; D'ARCE, R.D. et al. Polpa de citros e de milho e a produção de ácidos graxos voláteis no rúmen. *Scient. Agric.*, v.56, p. 471-477, 1999.

RODRIGUES, N.M.; GUIMARAES JUNIOR, R. Utilização de Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Vacas de Leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3, 2005, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte, MG: EV/UFMG, 2005. p.65-91.

RUSSEL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets:I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3551-3561, 1992.

SALVADOR, S.C. *Suplementação com milho e minerais orgânicos em dietas com alto teor de polpa cítrica para vacas em lactação*. 2006. 105f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SARTURI, J.O. *Polpa cítrica úmida despectinada em substituição à polpa cítrica peletizada no desempenho de bovinos de corte confinados*. 2008. 133f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SCHALCH, F.J.; SCHALCH, E.; ZANETTI, M.A. et al. Substituição do milho em grão moído pela polpa cítrica na desmama precoce de bezerros leiteiros. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.280-285, 2001.

SCHULTZ, T.A.; COLLAR, C.A.; BATH, D.L. et al. Rumen digestion of various dairy feedstuffs compared in tests. *Calif. Agric.*, v.47, n.3, p.29-31, 1993.

SCOTON, R.A. *Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação*. 2003. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SOLOMON, R.; CHASE, L.E.; BEN-GHEDALIA, D. et al. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1322-1329, 2000.

STERN, M.D.; ZIEMER, C.J. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. *Feedstuffs*, v.17, p.14, 1993.

TAVARES, A.A.C.; PEREIRA, M.N.; TAVARES, M.R. et al. Performance of Holstein-Zebu cows under partial replacement of corn by coffee hulls. *Sci. Agric.*, v.62, p.95-101, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. *Citrus: World markets and trade*. Washington, DC: USDA, 2003.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa, MG: SBZ, 2000. CD-ROM.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VEIGA, I.R.F.; GARCIA, G.F.G.; REIS, R.B. et al. Produção e composição do leite de vacas em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) suplementado com diferentes fontes de carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.

WAINMAN, F.W.; DEWEY, J.S. *Feedingstuffs evaluation unit*. Fifth report. Rowett Research Institute, Bucksburn, 1988. 123p.

WING, J.M. Effect of physical form and amount of citrus pulp on utilization of complete feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.58, p.63-66, 1975.

YAMANAKA, H.T. *Sucos cítricos*. São Paulo: CETESB/SMASP, 2005. 45p.

CAPÍTULO 8

POLPA DE BETERRABA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Isabela Rocha França Machado Veiga¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Fernanda Samarini Machado³, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior⁴*

RESUMO

A polpa de beterraba é um subproduto da indústria do açúcar muito utilizado na alimentação animal, principalmente de bovinos. No Brasil, a indústria do açúcar utiliza como matéria-prima a cana-de-açúcar, e, portanto, a disponibilidade da polpa de beterraba é pequena. Seu uso se dá principalmente nas rações *pet* (cães e gatos) e, em alguns casos, para equinos. O objetivo deste capítulo é descrever este alimento, demonstrando a possibilidade de utilização na alimentação de vacas leiteiras. Por possuir uma fibra de alta digestibilidade, a polpa de beterraba apresenta bom valor energético e pode ser utilizada em dietas de vacas leiteiras com resultados satisfatórios. A parte aérea (ramas) pode ser usada como fonte proteica.

INTRODUÇÃO

A polpa de beterraba constitui um elemento de grande valor nutricional para a produção de carne e leite, sendo assim um subproduto destinado às indústrias de alimentação animal. No Brasil, a indústria do açúcar utiliza como matéria-prima a cana-de-açúcar, e, portanto, não é muito comum encontrar o subproduto polpa de beterraba no país. Seu uso se dá principalmente nas rações *pet* (cães e gatos) e, em alguns casos, para equinos devido ao baixo nível de inclusão e alto custo, já que a disponibilidade não é alta. Um subproduto com características similares à polpa de beterraba presente no Brasil é a polpa cítrica, amplamente utilizada na alimentação de vacas leiteiras, sendo ambos os alimentos ricos em pectina.

1. POLPA DE BETERRABA

A beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L) é uma planta da família *Chenopodiaceae*, cuja raiz constitui a matéria-prima para a obtenção do açúcar, sendo uma das culturas mais importantes para a economia das explorações agrícolas na maioria dos países europeus.

¹ Médica Veterinária, MSc., doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnppl.embrapa.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

A beterraba sacarina entra no processo de obtenção de açúcar através de canais com água, que a transportam até uma instalação de lavagem, onde se eliminam pedras, terras e outras matérias estranhas. Em seguida, a beterraba é cortada em tiras, entrando seguidamente no processo de difusão, quando se extrai a sacarose por osmose a 72°C e elimina-se a fibra em forma de polpa. A polpa de beterraba é o subproduto primário que sobra após a extração do açúcar das raízes (Fadel,1999), sendo classificada como subproduto concentrado energético (Bath, 1981).

2. VALOR NUTRICIONAL

A polpa de beterraba é um alimento de grande valor nutricional para a produção de carne e leite, por isso é destinada às indústrias de alimentação animal. Pode ser disponibilizada no estado seco ou granulada, em ambos os casos com um teor de matéria seca de aproximadamente 90%, ou, alternativamente, no estado úmido (polpa prensada), com um teor de matéria seca de aproximadamente 22%. Enquanto a polpa seca e granulada pode ser armazenada e consumida durante um longo período de tempo, a polpa prensada destina-se ao consumo imediato ou à ensilagem tendo em vista a sua utilização futura.

Um subproduto com características similares à polpa de beterraba presente no Brasil é a polpa cítrica, amplamente utilizada na alimentação de vacas leiteiras. Ambos os alimentos são ricos em pectina, que é um polissacarídeo ramificado constituído principalmente de polímeros de ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose (Sakamoto e Sakai, 1995), sendo um dos principais componentes da parede celular das plantas e o principal componente da lamela média (Hall, 2007). Os valores de composição química da polpa de beterraba, polpa cítrica e milho grão estão apresentados na Tabela 1.

Os valores de pectina da polpa cítrica e da polpa de beterraba são próximos, mas os valores de FDN são bem distintos, portanto, no balanceamento de dietas, deve-se levar em conta essa diferença. Com relação ao milho grão, o teor de FDN e o de FDA são bem superiores para as polpas, assim como o teor de matéria mineral. Além disso, o milho é rico em amido, um carboidrato não estrutural bastante degradável no rúmen e com perfil fermentativo diferente da pectina. Os teores de pectina do grão de milho são muito baixos e normalmente não são considerados.

A composição química dos subprodutos é muito variável, principalmente em virtude das diferenças no processamento. A polpa de beterraba, devido ao método de secagem ou posterior adição de melaço, possui variação em sua fração fibrosa, e, como este alimento pode ser utilizado como fonte de fibra para vacas lactantes, o conhecimento dos fatores que afetam essa variação é importante (Fadel et al., 2000). Na Tabela 2, estão apresentados os dados de composição química da polpa de beterraba submetida à secagem por três processamentos diferentes (sol, congelamento e ar). A variação na composição química da polpa de beterraba em função desses três processamentos foi de pequena magnitude e pode não ter efeito

biológico para o animal, mas as análises devem ser feitas todas as vezes que esse alimento for utilizado no balanceamento de dietas para bovinos.

Tabela 1. Composição química da polpa de beterraba, polpa cítrica e milho grão.

Alimentos	Componentes (%)							Fonte
	MS*	PB*	FDA*	FDN*	EE*	MM*	Pectina	
Polpa de beterraba	88,3	10,0	23,1	45,8	1,1	7,3	21,0-22,6*	National Research Council - NRC (2001)
Polpa cítrica	85,0	7,0	20,2	23,9	2,7	5,9	19,3	Castro Neto (2004)
Milho grão	87,6	9,1	4,1	14,0	4,1	1,5		Valadares Filho et al. (2006)

* MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FDA - fibra em detergente ácido; FDN - fibra em detergente neutro; EE - extrato etéreo; MM= cinzas (Todos em % da MS).

* Dado extraído de Fadel et al. (2000).

Tabela 2. Composição química da polpa de beterraba submetida a secagem por sol, congelamento ou ao ar.

Método	MM*	FDN*	FDA*	PB*	EE*	NDT*	PNA*	Pectina	Lignina	Fibra*
Sol	3,4	62,7	28,7	7,5	0,4	66,3	55,3	22,7	4,2	82,1
Cong	3,6	58,0	28,1	7,4	0,5	67,7	54,3	21,0	3,8	79,2
Ar	3,2	60,2	29,6	7,6	0,5	66,6	54,8	21,4	4,1	80,3

* MM - cinzas; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; NDT - nutrientes digestíveis totais; PNA - polissacarídeos não amiláceos; fibra - fibra total (Todos em % da matéria seca).

Fonte: Fadel et al. (2000).

A silagem de polpa de beterraba é uma forma de conservação deste alimento úmido, diminuindo as perdas. As folhas de beterraba possuem um alto teor proteico e podem ser utilizadas na alimentação animal, já que também são subprodutos da indústria do açúcar, sendo removidas antes de se iniciar o processo de extração da sacarose. A composição química média da silagem de polpa de beterraba e das folhas frescas de beterraba está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química média da silagem de polpa de beterraba e das folhas de beterraba.

Alimentos	Componentes (%)								
	MS*	PB*	FB*	FDA*	FDN*	EE*	MM*	Ca*	P*
Silagem de polpa ¹	21,1	11,7	-	24,8	44,8	6,0	6,4		
Folhas frescas ²	13,4	17,9	14,6	-	-	2,8	-	1,96	0,4

* MS - matéria seca; PB - proteína bruta; FB - fibra bruta; FDA= fibra em detergente ácido; FDN - fibra em detergente neutro; EE - extrato etéreo; MM - cinzas; Ca= cálcio; P= fósforo (Todos em % da matéria seca).

Fonte: ¹ De Brabander et al. (1999); ² Vargas et al. (1965).

3. POLPA DE BETERRABA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

Trabalhando com oito vacas Holandesas fistuladas no rúmen, Voelker e Allen (2003) avaliaram a substituição de milho grão úmido por polpa de beterraba peletizada nos níveis 0%, 6,1%, 12,1% e 24,3% em uma dieta com 60% de concentrado e 40% de forragem. Com o aumento da inclusão da polpa de beterraba, houve uma diminuição linear da ingestão de matéria seca, chegando a cerca de 2Kg no tratamento com 24% de substituição, com diminuição da distensão ruminal. As concentrações de insulina plasmática foram menores para os tratamentos com polpa de beterraba, que também apresentaram um menor ganho de condição corporal. A polpa de beterraba tendeu a aumentar a eficiência de conversão do alimento em leite, além de aumentar a gordura do leite com maior valor observado no nível de 6% de substituição. Portanto, esse alimento pode substituir parcialmente o milho grão úmido, dependendo dos custos e do valor do leite produzido.

Balocchi et al. (2002) utilizaram 12 vacas Holandesas pluríparas com média de produção diária de 32 litros de leite para avaliar a suplementação com dois tipos de concentrado (polpa de beterraba e cereal) sobre o tempo de pastejo, tempo de ruminação e tempo para outras atividades, além do consumo de pasto, consumo total de matéria seca e produção de leite. A suplementação alterou o comportamento de pastejo, diminuindo o pastejo total e diurno; aumentou a ruminação diurna e diminuiu a ruminação noturna; e diminuiu o número de bocados. Não houve diferença entre os tipos de concentrado. O consumo de matéria seca total aumentou e o consumo de pasto diminuiu com a suplementação, sem diferença entre os concentrados. A produção de leite foi superior para os animais suplementados sem diferença entre o tipo de concentrado. Portanto, o uso de polpa de beterraba e cereais foi equivalente.

Trabalhando com 12 e 27 vacas Holandesas pluríparas com produção de leite próxima a 30 litros por dia, Pulido et al. (2006) realizaram dois experimentos avaliando a influência do tipo de carboidrato do concentrado no consumo desses animais a pasto, consumo *ad libitum* ou restrito (12 horas de pastejo). Foram utilizados pastagem temperada e concentrado moderado com 28 a 30% da ingestão de matéria seca. O concentrado com 72% de polpa de beterraba (fibroso-pectina) não alterou o consumo total ou de pasto dos animais quando comparado com o concentrado com 79% de cevada (amido). O comportamento de pastejo dos animais também não foi alterado.

Noro et al. (2006), trabalhando com 27 vacas Holandesas pluríparas com produção de leite próxima a 30 litros por dia, avaliaram o perfil de indicadores do metabolismo de energia e proteína sanguíneos desses animais em pastejo, suplementados com concentrado amiláceo (cevada) ou fibroso (polpa de beterraba). Os pesquisadores verificaram que a concentração de glicose sanguínea se manteve dentro dos valores normais devido ao eficiente controle homeostático hormonal, mas este valor foi maior ($P < 0,02$) para os animais recebendo o concentrado amiláceo à base de cevada (3,25mmol/L) quando comparados com o grupo de animais recebendo concentrado mais fibroso à base de polpa de beterraba (3,09mmol/L). A concentração de β -hidróxido-butilato foi menor ($P < 0,0001$) (0,59mmol/L) nos animais recebendo o

concentrado amiláceo quando comparado com o concentrado fibroso (0,82mmol/L), indicando que os animais recebendo carboidrato rapidamente degradável em pastagens de alta qualidade tiveram um balanço energético mais favorável. As concentrações de ureia plasmática foram superiores nos animais suplementados com concentrado fibroso (8,8mmol/L) quando comparados com animais recebendo concentrado amiláceo (6,6mmol/L), sugerindo que esses animais tiveram melhor sincronismo entre a degradação ruminal da energia com a proteína da pastagem do que os animais recebendo polpa de beterraba.

Pulido et al. (1999) realizaram um experimento para avaliar o efeito do uso e tipo de concentrado (polpa de beterraba ou cereais) sobre a resposta produtiva de 12 vacas leiteiras em pasto. A produção de leite aumentou com a suplementação de concentrados, e o conteúdo de proteína do leite só aumentou com a suplementação de concentrados à base de cereais. Não houve efeito da suplementação na gordura e na ureia do leite. O ganho de peso aumentou com a suplementação de concentrado, mas diminuiu durante o experimento. O concentrado à base de cereais foi equivalente ao concentrado à base de polpa de beterraba.

Pulido et al. (2007), trabalhando com 12 e 27 vacas Holandesas pluríparas com produção de leite próxima a 30 litros por dia, realizaram dois experimentos avaliando a influência do tipo de carboidrato do concentrado na produção e composição do leite desses animais a pasto. Foram utilizados pastagem temperada e concentrado moderado com 28 a 30% da ingestão de matéria seca. A diferença na produção de leite observada foi pequena, mas significativa nos dois experimentos, sendo maior nos animais recebendo concentrado amiláceo à base de cevada. A gordura do leite foi diferente somente no primeiro experimento, sendo maior nos animais recebendo concentrado fibroso à base de polpa de beterraba. Um aumento dos teores de proteína do leite foi verificado no experimento 2 com a utilização do concentrado amiláceo. Animais em pastejo normalmente possuem como nutriente limitante a energia, portanto, quando esta é aumentada pela ingestão de produtos mais rapidamente fermentáveis, como o amido da cevada, existe um melhor sincronismo ruminal com melhor aproveitamento da proteína do pasto e maior produção de leite.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A polpa de beterraba é um alimento que pode substituir fontes amiláceas no concentrado ou na dieta de vacas de leite de médias produções em pequenas porcentagens, sem alteração no consumo e na produção de leite e com possibilidade de aumento na gordura do leite.

Para animais de produção de leite em pasto, principalmente gramíneas temperadas, a suplementação com a polpa de beterraba pode ser feita em substituição total de fontes amiláceas, com correção para proteína, sem alteração no consumo de pasto, consumo total, produção e composição do leite.

A folha de beterraba é um alimento muito proteico que deve ser mais explorado na alimentação animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOCCHI, O.L.; PULIDO, R.F.; FERNÁNDEZ, J.V. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agric. Téc.*, v.62, 87-98, 2002.

BATH, D.L. Feed by-products and their utilization by ruminants. In: HUBER, J.T. (Ed.). *Upgrading residues and by-products for animals*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1981. p.2-16,

CASTRO NETO, A.G. *Polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros: Parte I*. 2004. Disponível em: <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=110>. Acessado em 19 abr. 2009.

DE BRABANDER, D.L.; BOEVER, J.L.; SMET, A.M. et al. Evaluation of the physical structure of fodder beets, potatoes, pressed beet pulp, brewers grains and corn cob silage. *J.Dairy Sci.*, v.82, p.110-121, 1999.

FADEL J.G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.255-268, 1999.

FADEL, J.G.; DEPETERS, E.J.; AROSEMENA, A. Composition and digestibility of beet pulp with and without molasses and dried using three methods. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.85, p.121-129, 2000.

HALL, M.B. Methodological challenges in carbohydrate analyses. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, supl. esp., p.359-367, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NORO, M.; VARGAS, V.; PULIDO, R.G. et al. Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral, *Arch. Med. Vet.*, v.38, p.227-232, 2006.

PULIDO, R.G.; BERNDT, S.; ORELLANA, P. et al. Effect of source of carbohydrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. *Arch. Med. Vet.*, v.39, p.19-26, 2007.

PULIDO, R.G.; CERDA, M.; STEHR, W. Efecto del nivel y tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.*, v.31, p.177-187, 1999.

PULIDO, R.G.; FELMER, E.; HINOSTROZA, A. Efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado sobre el consumo de alimento de vacas lecheras en pastoreo. *Arch. Med. Vet.*, v.38, p.123-128, 2006.

SAKAMOTO, T.; SAKAI, T. Analysis of structure of sugar-beet pectin by enzymatic methods. *Phytochemistry*, v.39, p.821-823, 1995.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.

VARGAS, M.V. *Composición de alimentos chilenos de uso en ganadería y agricultura*. Santiago, Ministerio de Agricultura. 1965. Disponible em: www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/AFRIS/es/Data/523.HTM. Acesso em: 19 abr. 2009.

VOELKER, J.A.; ALLEN, M.S. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 1. Effects on feed intake, chewing behavior, and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.3542-3552, 2003.

CAPÍTULO 9

RESÍDUO DE CERVEJARIA PARA GADO LEITEIRO

*Frederico Osório Velasco¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Alex de Matos Teixeira³,
Wilson Gonçalves de Faria Jr.⁴, Felipe Antunes Magalhães⁵*

RESUMO

Este capítulo visa apresentar os métodos de conservação e utilização dos resíduos de cervejaria, assim como os efeitos causados por estes na alimentação de ruminantes.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Assessoria de Gestão Estratégica (AGE) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de leite no Brasil deve crescer em uma taxa de 1,92% ao ano nos próximos 10 anos, chegando, ao final de 2018, a uma produção em torno de 33,1 bilhões de litros de leite. Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), o consumo mundial de leite cresce de 3,5 a 4,0% ao ano, um aumento da produção de cerca de 6,41 bilhões de litros de leite se comparada à produção do biênio 2006/2007 (MAPA, 2007). A mesma expectativa de crescimento é prevista para o mercado da pecuária de corte, segundo a AGE. Para o período de 2007/2008 a 2017/2018, é esperado um crescimento na produção de carne bovina no Brasil de 2,5% ao ano, um aumento de aproximadamente quatro milhões de toneladas. Esse crescimento será devido ao aumento do consumo interno e ao avanço nas exportações, que, segundo a AGE, também terão um aumento de 6,18% ao ano.

Porém, com a diminuição das áreas de pastagem para o plantio de cana-de-açúcar e soja, e com sua estacionalidade de produção, tornam-se escassos alguns recursos alimentares, refletindo em elevação do custo de produção. A grande necessidade de produção de alimentos para ruminantes desafia a pesquisa a buscar novas alternativas de recursos alimentares, com objetivo de reduzir custos, facilitar o gerenciamento e aumentar a produtividade dos rebanhos (Geron, 2006). O alto preço dos insumos leva a uma reorientação nos critérios e nos processos produtivos. O uso racional de coprodutos agrícolas e agroindustriais na alimentação animal tem constituído uma alternativa de grande valia na redução dos custos de produção, bem

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, CP 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. wilsonvet2002@gmail.com

⁵ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. felipeam.vet@gmail.com

como tem permitido uma destinação mais apropriada desses coprodutos, tornando menores os riscos de poluição ambiental provocada pelo acúmulo de tais resíduos. Uma vez que esses produtos não são possíveis de serem utilizados na alimentação humana, eles podem ser usados na alimentação dos animais domésticos, principalmente na dos ruminantes. A inclusão de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos leiteiros é economicamente justificável devido ao preço competitivo desses alimentos em relação a alimentos concentrados, convencionalmente usados na formulação de rações (Geron, 2006). Muitas indústrias encaram os subprodutos como rejeitos industriais e, dessa forma, não têm controle sobre a qualidade desses alimentos. O não estabelecimento de parâmetros mínimos de qualidade limita o uso de alguns subprodutos devido à grande variabilidade da composição química, além da dificuldade para armazenamento e conservação (Cabral Filho, 1999).

Segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja – SINDICERV (2009), em 2008 o Brasil foi o quarto maior produtor de cerveja do mundo, com uma média de 10,34 bilhões de litros ao ano, ficando atrás apenas da China (35 bilhões de L/ano), EUA (23,6 bilhões de L/ano) e Alemanha (10,7 bilhões de L/ano). Dentro do país, existem atualmente 47 fábricas, em geral de grande e médio porte, em sua maioria localizadas próximas aos grandes centros consumidores do país. Desta forma, a região Sudeste responde por cerca de 57,5% da produção (aproximadamente 4,6 bilhões de L/ano), a região Nordeste por 17,3% (1,4 bilhões de L/ano), a região Sul por 14,8% (1,2 bilhões de L/ano), a região Centro-Oeste por 7,5% (0,6 bilhões de L/ano) e a região Norte por 2,9% (0,3 bilhões de L/ano). Durante o processo de preparação da cerveja, são gerados diversos coprodutos, como o da polpa úmida de cervejaria, conhecido popularmente como “cevada”, “bagaço de cevada” ou “cevada úmida” e a levedura. Durante o processo, também é gerado o resíduo seco conhecido como “varredura” (Zeoula et al., 1985). Esses produtos podem se apresentar indesejáveis na indústria cervejeira e podem ser utilizados como fonte alimentar para os animais.

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma cultura milenar, sendo um dos principais cereais colhidos do mundo. Dentre os vários tipos de cevada explorados pelo homem, a cevada cervejeira é a única produzida comercialmente no Brasil. Atualmente representa importante opção como cultura de inverno na região Sul e também no cerrado do Brasil central em cultivo irrigado. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), a produção de cevada no Brasil no ano de 2007 foi de 235.578 toneladas, em uma área plantada de aproximadamente 100.000 hectares, com uma produtividade média de 2,5 toneladas por hectare. Os principais produtores são os estados do Sul, que produzem praticamente 100% da cevada cultivada no país. O maior estado produtor é o Paraná, que produziu em 2007 cerca de 120.500 toneladas do grão, seguido pelo Rio Grande do Sul, com uma produção de 105.500.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Processo de industrialização da cevada e os subprodutos gerados

A cerveja é obtida pela fermentação da cevada (*Hordeum vulgare*), que consiste na conversão em álcool dos açúcares presentes em seus grãos. A matéria-prima utilizada pelas indústrias de cerveja no Brasil é constituída por malte de cevada com a adição de mistura de cereais (principalmente o milho), também chamado de adjunto e maltose. O processo de fabricação do malte é chamado de maltagem e envolve o controle de umedecimento dos grãos, obtendo-se mudanças químicas e físicas com perdas mínimas de energia pelo processo de respiração (Cabral Filho, 1999). Após obter o malte, a cervejaria dá início ao processo de produção da cerveja propriamente dita, cuja primeira etapa consiste em obter o mosto. O mosto pode ser definido como uma solução aquosa de açúcares, que serão os alimentos para as bactérias que realizam a fermentação, dando origem ao álcool. O preparo do mosto consiste em cozinhar o malte e inclui etapas de preparo (como a moagem do malte, maceração, separação do mosto e sua filtração). A solução livre de impurezas e rica em açúcares resultante desse processo é, então, enviada para a fermentação. Após o preparo do mosto, este é resfriado de 80-100°C até cerca de 75-78°C em um trocador de calor e, em seguida, é filtrado para remoção do resíduo dos grãos de malte e adjunto. Esta filtração é realizada por meio de peneiras que utilizam como elementos filtrantes as próprias cascas do malte presentes no mosto, e a parte sólida retida é denominada *bagaço de malte* ou *dreche*. Uma vez tendo sido preparado o mosto, e este tendo sido clarificado e resfriado, pode-se dar início à fermentação, processo central da indústria cervejeira. A fermentação do mosto é dividida em duas etapas: uma primeira etapa, denominada aeróbia, em que as leveduras se reproduzem, aumentando de quantidade de duas a seis vezes; e uma segunda, fase anaeróbia, em que as leveduras realizam a fermentação propriamente dita, convertendo os açúcares presentes no mosto em CO₂ e álcool.

O processo de fermentação dura de seis a nove dias, ao final dos quais obtém-se, além do mosto fermentado, uma grande quantidade de CO₂, que, após ser purificado, é enviado para a etapa de carbonatação da cerveja. A fim de garantir um bom andamento ao processo de fermentação, é necessário que a temperatura se mantenha entre 8 e 15°C, dependendo de vários fatores. Para isso, as dornas de fermentação devem ser resfriadas, uma vez que a fermentação é um processo exotérmico. Ao final da fermentação, obtém-se também um excesso de levedos, já que estes se multiplicam durante o processo. Este levedo é, então, levado para tratamento e estocagem, sendo uma parte reutilizada em novas bateladas de fermentação e uma outra vendida para a indústria de alimentos. Filtra-se o líquido, e o restante é engarrafado como cerveja. O resíduo de cervejaria pode ser descrito como massa resultante da aglutinação da casca com resíduos do processo de mosturação, podendo apresentar maiores concentrações de proteína e carboidratos do que as encontradas em seus cereais de origem (Clark et al., 1987).

De acordo com a CETESB (Santos, 2005), para cada 100 litros de cerveja produzidos são gerados 14Kg de bagaço de malte e 2 a 4Kg de levedura de cerveja adicional.

1.2. Características nutricionais dos resíduos de cervejaria

O valor nutricional do resíduo úmido de cervejaria (RUC) está diretamente relacionado ao tipo de fabricação da cerveja e ao processo utilizado pela fábrica (Tabela 1). Fatores como a origem dos grãos de cevada e a inclusão ou não de outros cereais para a fermentação, como milho (5%), trigo (6 a 7%), aveia e arroz, são também determinantes na composição química destes subprodutos.

Tabela 1. Comparação entre a composição química do resíduo úmido de cervejaria, proveniente de diferentes indústrias.

Nutriente (%)	Indústria			
	Brahma	Kaiser	Schincariol	Skol
MS	15,6	9,2	12,3	14,7
PB	31,8	26,0	27,6	31,7
FB	15,8	18,9	14,1	14,9
FDN	43,8	54,0	44,5	47,8
N-FDN	56,0	33,0	48,6	41,6
FDA	21,3	26,5	20,9	25,9
Lignina	3,5	4,8	4,5	5,3
NDT	74,0	69,4	70,6	68,9

Fonte: Aronovich (1999).

Os resíduos de cervejaria derivados do processamento da cevada são: resíduo de cervejaria úmido (RCU); resíduo de cervejaria seco (RCS); resíduo de cervejaria prensado (RCP) e levedura de cerveja (LC). A composição dos resíduos de cervejaria varia com o tipo de fabricação da cerveja e com os grãos de cevada utilizados no processo (Clark et al., 1987). De acordo com a classificação do National Research Council - NRC (1988), o resíduo de cervejaria é considerado um concentrado proteico por apresentar teores de fibra bruta menores do que 18% e teores de proteína maiores do que 20%. As composições dos resíduos de cervejaria aparecem na Tabela 2.

O teor de matéria seca (MS) está inversamente relacionado ao seu teor de umidade. A influência do processo de secagem do RCU foi verificada por López e Pascual (1981), que encontraram uma variação na composição do RCU e do RCP, com teores de matéria seca (MS) de 9,40% e 29,90%, respectivamente, para cada produto. O RCU apresenta baixos teores de matéria seca (MS), e esta é apontada como a maior limitação para o seu uso economicamente. Teores de 9,2% a 30,0% de MS foram observados na literatura (Clark et al., 1987; Lima, 1993; Costa et al., 1994; Cabral Filho, 1999). Bovolenta et al. (1998), estudando o resíduo desidratado em dietas de ovinos em crescimento, mostraram efeitos lineares negativos para o consumo de matéria seca à medida que as quantidades do resíduo aumentaram de 0 para 80% da matéria seca. Torrent et al. (1997) encontraram diminuições no consumo voluntário em ovelhas alimentadas com o resíduo úmido, quando comparado ao feno de alfafa. Segundo Cabral Filho (1999), a inclusão do resíduo em dietas exclusivas de gramínea

para ovinos limitou o consumo voluntário quando esta foi oferecida em quantidades superiores a 33% da MS da dieta, resultado semelhante ao de Davis et al. (1983), que observaram redução da ingestão de matéria seca quando o teor de resíduo de cervejaria úmido chegava a 40% da dieta de vacas leiteiras. Porém, Zeoula et al. (1985) não observaram influência na ingestão de matéria seca em carneiros alimentados com resíduos de cervejaria.

Tabela 2. Composição química do resíduo de cervejaria úmido (RCU), resíduo de cervejaria seco (RCS) e levedura de cerveja (LC).

Composição	RCS	RCU	LC
MS (%)	93	21	93,1
PB (%)	26	25,4 - 27,1	46,6
NDT (%)	66	13,86	79
E M (Kcal/Kg)	2330 - 2490	489,3 - 516,6	3070
ED (Kcal/Kg)	2780	2790	3480
EE (%)	6,5	1,365	1,1
FB (%)	14,9	3,13	3,5
FDA (%)	23 - 24	4,83	4
FDN (%)	42 - 46	8,82	54
Cinzas (%)	4,8		7,2
Macromin. (%)			
Cálcio	0,33	0,069	0,15
Fósforo	0,55	0,115	1,47
Enxofre	0,32	0,067	0,47
Sódio	0,23	0,048	0,08
Cloro	0,17	0,036	0,32
Magnésio	0,16	0,034	0,26
Potássio	0,09	0,019	1,81
Micromin. (ppm)			
Cobalto	0,09	0,019	0,54
Cobre	23	4,83	41,3
Ferro	266	55,86	89
Iodo	0,07	0,015	0,38
Manganês	40	8,4	7
Selênio	0,76	0,16	0,98
Zinco	30	6,3	42

Fonte: NRC, 1988.

A degradabilidade da proteína do alimento no rúmen está diretamente relacionada com a sua composição. Proteínas de menor peso molecular, como as globulinas e as albuminas, possuem maior solubilização no líquido ruminal e são rapidamente degradadas. Já proteínas com alto peso molecular, com grande número de pontes de dissulfeto, são menos solúveis, tendo menor taxa de degradação ruminal. O resíduo de cervejaria possui em sua composição grande parte de proteínas de alto peso

molecular, o que explicaria sua menor degradabilidade no rúmen. Valores de 17 a 35% de PB são encontrados na literatura, mostrando certa variabilidade na composição bromatológica do resíduo de cervejaria (Lima, 1993). Segundo Geron (2006), ao se comparar o farelo de soja com o resíduo de cervejaria, nota-se um maior volume do nitrogênio proteico contido nas frações A e B₁: 35,2%, 24,1% e 25,8% da proteína bruta para o farelo de soja, para o resíduo de cervejaria úmido e para o resíduo de cervejaria fermentado, respectivamente. Geron (2006) comparou as frações nitrogenadas contidas no farelo de soja, no resíduo de cervejaria úmido e no resíduo de cervejaria fermentado e observou que as frações A e B₁ são maiores no farelo de soja, assim como a fração B₂. Já a fração B₃ foi maior nos resíduos de cervejaria úmido (26,1%) e fermentado (24,8%) em relação ao farelo de soja (4,4% da PB). Com isso, a adição de resíduo de cervejaria na dieta de ruminantes reduziria a degradação ruminal da proteína, permitindo maior passagem de proteína dietética para o intestino.

De modo semelhante, Clark et al. (1987) encontraram, em seus experimentos com vacas em lactação, ovelhas e carneiros, resultados indicativos de que 50% ou mais da proteína bruta escapem da degradação microbiana do rúmen e passem para o intestino delgado. Santos et al. (1984), medindo a fermentação ruminal, o fluxo e a absorção de aminoácidos no intestino de vacas leiteiras, compararam farelo de soja, farelo de glúten de milho, resíduo de cervejaria e resíduo de destilaria e concluíram que dietas contendo farinha de glúten, resíduo de cervejaria e resíduo de destilaria fornecem maiores quantidades de aminoácidos para o intestino do que o farelo de soja. Esta insolubilidade de parte da fração proteica de alguns alimentos é conhecida na nutrição de ruminantes como sobrepassante.

O perfil de aminoácidos essenciais do RCF foi estudado por Geron (2006) e está demonstrado na Tabela 3, juntamente com os valores de aminoácidos essenciais (AAe) do tecido muscular, do leite, das bactérias ruminais e do farelo de soja (FSO) segundo o NRC (2001), com a finalidade de comparação.

Chiou et al. (1998) avaliaram as características de ambiente ruminal de vacas leiteiras com dietas com substituição de 10% de farelo de soja por resíduo de cervejaria e observaram que havia uma queda acentuada de pH ruminal duas horas após a alimentação em animais que não recebiam resíduo de cervejaria na dieta se comparados aos que recebiam. Os autores concluíram que os maiores teores de fibra e a menor quantidade de carboidratos solúveis na dieta com resíduo de cervejaria, se comparados à dieta sem substituição do farelo de soja, seriam responsáveis por esse efeito.

O RCU possui bom valor energético, com valores de NDT variando de 62 a 70% de acordo com pesquisa realizada por Scarlatelli (1995), abaixo dos valores de 77,39% encontrados por Valadares et al. (2006). Já Preston et al. (1973), estudando o ganho de peso de bezerros alimentados com resíduo de cervejaria, encontraram valores de EM para manutenção e ganho de peso de 2,3 e 1,4Kcal/g, respectivamente, na matéria seca.

Tabela 3. Perfil de aminoácidos essenciais (AAe) do resíduo de cervejaria fermentado (RCF), do tecido muscular, do leite, das bactérias ruminais e do farelo de soja (FSO) expressos como % do total de AAe.

Aminoácidos essenciais	T.musc.	Leite	Bactérias	Alimentos	
				RCF	FSO
% do total de Aae					
Arginina	16,8	7,2	10,4	10,4	16,3
Isoleucina	7,1	11,4	11,6	10,7	10,8
Leucina	17	19,5	15,9	24,7	17
Lisina	16,3	16	16,6	12,1	13,7
Metionina	5,1	5,5	5,1	4,2	3,1
Fenilalanina	8,9	10	10,1	12,4	11
Treonina	9,9	8,9	11,4	7,5	8,6
Valina	10,1	13,1	12,4	12,2	10,6
Histidina	6,3	5,5	4,2	5,9	5,7
Triptofano	2,5	3	2,7	-	3
AAe (%PB)	-	-	40	45,2	47,6
PB%	-	-	-	29,9	49,9

T. musc - tecido muscular; PB - proteína bruta.

Fonte: Geron (2006).

2. UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CERVEJARIA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Seymour et al. (1995) observaram o efeito da adição de 1% de levedo de cervejaria na alimentação de bezerros de 0 a 46 dias pré-desmama e de 47 a 90 dias pós-desmama sobre a incidência de pneumonias e diarreias, causando conseqüentemente febre, e sobre o seu desempenho. Concluiu-se que a utilização do levedo de cerveja reduziu a incidência de pneumonias e diarreias sobre esses animais, reduzindo também a utilização de antibióticos nos animais pré-desmama, porém não foi observado efeito sobre a taxa de crescimento destes animais. Os autores creditaram esses resultados à concentração de aminoácidos e vitaminas do levedo de cervejaria, que atuaram de forma benéfica, estimulando o crescimento da flora saprófita do intestino, reduzindo, assim, os problemas digestivos.

Vilela (1995) afirmou que, para bezerros em aleitamento, deve-se evitar o uso de resíduos de cervejaria pela fermentação prejudicial que estes podem sofrer. Porém, como é um alimento rico em vitaminas e aminoácidos, pode ser recomendado a animais que já passaram pela fase de desaleitamento. Vários trabalhos apresentaram bons valores de ganho de peso e de retenção do nitrogênio da dieta em animais alimentados com resíduo de cervejaria úmido (Conrad e Rigers, 1977; Klopfensten et al., 1977; Adyanju, 1978).

A inclusão de resíduo de cervejaria nas dietas de vacas de alta produção tem vantagens de poder complementar os teores de proteína bruta acima de 13%, sem causar produção de amônia adicional, beneficiando, assim, a produção de leite destes animais. Seymour et al. (1986) estudaram o efeito da relação entre densidade energética da dieta durante o pré-parto e a fonte proteica da dieta (farelo de soja e resíduo de cervejaria) durante o pós-parto afetando a produção de leite, a ingestão de matéria seca e o peso corporal. Os autores concluíram que a produção de leite, a ingestão de matéria seca e a mudança da condição corporal não foram afetadas pela fonte proteica durante o pós-parto. Seymour et al. (1988) avaliaram o efeito da energia no pré-parto e da fonte proteica no pós-parto sobre a concentração plasmática do hormônio do crescimento (GH) e insulinas em vacas leiteiras alimentadas com resíduo de cervejaria e farelo de soja. Observaram que as vacas que receberam resíduo de cervejaria durante o tratamento mantiveram níveis plasmáticos maiores de GH dos 42 aos 105 dias de lactação e possuíam menores níveis de insulina circulante. Maior produção de leite poderia ser apresentada pelos animais consumindo resíduo de cervejaria pelo maior volume de GH circulante, além de estes serem mais eficientes em mobilização de reservas corporais pelos menores níveis de insulina.

A produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo e suplementadas com 42,9% e 85,9% de RCU no concentrado foi verificada por Cardoso et al. (1982), os quais demonstraram que os animais alimentados com o maior teor de RCU apresentaram maior ($P < 0,05$) produção de leite. Belibasakis e Tsergogianni (1996) avaliaram a inclusão de 16% do RCU na alimentação de vacas leiteiras e observaram maior ($P < 0,05$) produção de leite (24,80 vs 21,70kg/dia) para a ração com 16% de RCU em relação à ração controle (0% de RCU). Segundo os autores, o efeito benéfico do RCU sobre a produção de leite deve-se à melhor qualidade da fonte proteica com maior teor de metionina e lisina em relação ao farelo de soja (FSO), além de este ter alto teor de PNDR (40% da PB). Segundo Clark et al. (1987) e Schwab et al. (1996), a metionina e a lisina são os principais aminoácidos limitantes para a produção de leite. Johnson et al. (1987) compararam o efeito da inclusão de 25% de resíduo de cervejaria úmido e resíduo de cervejaria fermentado na dieta de vacas leiteiras e observaram que os animais alimentados com resíduo de cervejaria fermentado tiveram redução da ingestão de matéria seca ($P < 0,05$) e queda na produção de leite de 5,6%. Os autores sugeriram que esta redução no consumo de MS e na produção de leite deveu-se à fermentação natural do resíduo de cervejaria úmido, pelo aumento do valor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e pela redução do N solúvel em água.

Geron (2006) avaliou o efeito de diferentes níveis de inclusão de resíduo de cervejaria fermentado nas rações de vacas leiteiras sobre produção e qualidade de leite e observou que os animais dos tratamentos com níveis de inclusão de RCF de até 15% apresentaram em média 13% de redução no teor de gordura de leite em relação aos animais sem resíduo. O autor conferiu essa redução do teor de gordura ao alto teor de ácido linoleico do RCF. Segundo Corl et al. (2001), o ácido linoleico possui alguns isômeros posicionais e geométricos denominados de ácido linoleico conjugado (CLA), os quais podem ser formados no rúmen pela bio-hidrogenação incompleta dos ácidos

graxos poli-insaturados. Baumgard et al. (2001) infundiram CLA no abomaso de vacas lactantes e observaram que todas as dosagens de CLA reduziram o teor de gordura do leite. O mecanismo de ação do CLA (C18:2t10c12) sobre a redução no teor de gordura do leite não está bem definido (Bauman, 2001), mas possivelmente promove uma diminuição na enzima-chave associada à síntese de AG “de novo” na glândula mamária (Geron, 2006). Já Polan et al. (1985) e West et al. (1994) não observaram alterações na gordura do leite. Também não houve alterações de células somáticas (CCS) no leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria em trabalho realizado por Geron (2006). O mesmo autor observou que a inclusão de 15% do RCF nas rações de vacas leiteiras elevou os teores dos ácidos linoleico e linolênico presentes na gordura do leite, o que propiciou uma razão linoleico:linolênico mais próxima de 1. A razão de AG essenciais $\omega 6/\omega 3$ mais próximo de 1, dos alimentos em geral, está correlacionada com a prevenção de doenças cardiovasculares, inflamatórias, asma e câncer colorretal e dos seios (Simopoulos, 2002).

3. ARMAZENAMENTO E TOXIDAZ

O alto teor de água no resíduo úmido pode resultar em alguns fatores limitantes, como dificuldade no transporte a longa distância e dificuldades no armazenamento para uso na alimentação de ruminantes. O processo de secagem que facilitaria o transporte é caro, o que pode inviabilizar o seu uso. Muitos autores limitam a utilização deste subproduto a determinadas distâncias das indústrias. Nas condições dos Estados Unidos, pesquisadores acreditam que o resíduo só é econômico até um raio de aproximadamente 100km das indústrias (Eastridge, 1991, citado por Cabral Filho, 1999). A conservação deste material em propriedades rurais também é considerada uma limitação. Allen et al. (1975) citam os fungos e as leveduras como os principais microrganismos responsáveis pela degradação do resíduo em condições de aerobiose. A rápida biodegradação foi observada por Stern e Ziemer (1993), que sugerem menores períodos de armazenamento; estudos em condições de aerobiose aconselham períodos de, no máximo, 10 dias (Johnson et al., 1987). O uso de ácido fórmico e de sulfato de potássio foi sugerido por Scarlatelli (1995). Em casos de armazenamento por um período maior de tempo, Schneider et al. (1995) sugerem que o material seja ensilado com aditivos como ácido propiônico ou polpa de beterraba.

Segundo Cabral Filho (1999), o resíduo de cervejaria pode apresentar altos níveis de cobre, variando de $15 \pm 5,1$ ppm. Valores semelhantes para níveis de cobre foram encontrados pela compilação de dados realizada por Valadares et al. (2006). Casos de intoxicação por cobre são comuns em ovinos alimentados com níveis superiores a 10ppm em regiões tropicais (Conrad et al., 1985).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à grande variação nas composições químicas dos resíduos de cervejaria, recomenda-se analisá-los antes das formulações das dietas.

Os resíduos de cervejaria possuem bom valor nutritivo e podem ser considerados como boa fonte alternativa para alimentação de ruminantes.

Vacas leiteiras alimentadas com resíduo de cervejaria em níveis inferiores a 20% da MS da dieta apresentam aumento da produção de leite e maior eficiência na mobilização de gordura corporal.

Os resíduos de cervejaria são fontes de proteína sobrepassante.

O alto teor de umidade do resíduo de cervejaria úmido pode ser considerado limitante da sua utilização por aumentar os custos com transporte e apresentar dificuldades no processo de armazenagem.

Devido aos teores médios de cobre apresentados pelos resíduos de cervejaria, deve ser realizada a determinação deste elemento quando este produto for empregado na formulação de dietas de ovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADYANJU, S.A. Replecent value of cane molasse for maize en dry season based on dried for beef cattl. *Trop Anim. Prod.* v.3, p.135-147, 1978.

ALLEN, W.R.; STEVENSON, K.R.; BUCHANAIN-SMITH, J. Influence of aditive in shorter presevation of wet brewers grain stored in uncovered piles. *Can. J. Anim. Sci.*, v.55, p.609-618, 1975.

ARONOVICH, M. *Composição bromatológica e degradabilidade de silagens de resíduo úmido de cervejaria*. 1999. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid and milk fat synthesis in dairy cows. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLA, 1., 2001, Alesund. *Proceedings ...* Alesund: Natural ASA, 2001. p.24.

BAUMGARD, L.H.; SANGSTER, J.K.; BAUMAN, D.E. et al. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoléic acid (CLA). *J. Nutr.*, v.131, p.1764-1769, 2001.

BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.57, p.175-181, 1996.

BOVOLENTA, S.; PIASENTIER, E.; PERESSON, C. et al. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers'grains by growing lambs. *Anim. Sci.*, v.66, p.689-695, 1998.

CABRAL FILHO, S.L.S. *Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas*. 1999. 68f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CARDOSO, R.M.; SILVA, J.F.C.; MOTTA, V.A. et al. Produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com polpa úmida de cevada. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.11, p.38-45, 1982.

CHIOU, P.W.S.; CHEN, C.R.; CHEN, K.J. et al. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.74, p.123-134, 1998.

CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by products feeds. *J. Dairy Sci.*, v.70, p.1092-1109, 1987.

CONRAD, H.R.; RIGERS, J.A. Comparative nutritive value of brewers wet and dried grains for dairy cattle. In: BREWERS FREED CONFERENCE, 1977, St. Louis. Resenhado por COUCH, J. Review of nutrition papers from feed conference. *Freedstuffs*, v.49, n.50, p.8-9, 1977.

CONRAD J.H.; McDOWELL L.R.; ELLIS G.L. *Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais*. Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1985. 90p.

CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A. et al. The role of delta-9-desaturase in the production of cis-6, trans-11. *J. Nutr. Biochem.*, v.12, p.622-630, 2001.

COSTA, J.M.B.; MATTOS, W.R.S.; BIONDI, P. et al. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. *Bol. Ind. Anim.*, v.51, p.21-26, 1994.

DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding values of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.73-79, 1983.

GERON, L.J.V. *Caracterização química, digestibilidade, fermentação ruminal e produção de leite em vacas alimentadas com resíduo de cervejaria nas rações*. 2006. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. Brasil: 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acessado em 21 maio 2008.

JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.70, p.98-107, 1987.

KLOPFENSTEIN, T.; MERCHEN, N.; ROUNDS, W. Value of brewers dried grains protein for beef cattle. In: BREWERS FEED CONFERENCE, 1977, St. Louis.

Resenhado por COUCH, J.R. Review of nutrition papers from brewers feed conference. *Freedstuffs*. v.49, n.50, p.8-9, 1977.

LIMA, M.L. *Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais*. 1993. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

LÓPEZ, J.D.; PASCUAL, J.L.M. Influence of the drying process on the composition of brewers dried grains. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.6, p.163-168, 1981.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Assessoria de Gestão Estratégica (AGE). *Agricultura brasileira em números*. 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. Washington, DC: National Academic Press, 1988. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

POLAN, C.E.; HERRINGTON, T.A.; WARK, W.A. Milk production response to diets supplemented with dried brewers grains, wet brewers grains, or soybean meal. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.2016-2026, 1985.

PRESTON, R.L.; VANCH, R.D.; CAHIL, U.R. Energy evaluation of brewer's grains for growing and finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, v.37, p.174-178, 1973.

SANTOS, K.A.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactation dairy cattle fed various protein sources. *J. Anim. Sci.*, v.51, p.244-255, 1984.

SANTOS, M.S. *Cervejas e refrigerantes*. São Paulo: CETESB, 2005. 58p.

SCARLATELLI, F.P. O uso do resíduo de cervejaria (cevada) na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Gado Hol.*, v.60, p.26-28, 1995.

SCHNEIDER, R.M.; HARRISON, J.H.; LONEY, K.A. The effects of bacterial inoculants, beet pulp, and propionic acid on ensiled wet brewers grains. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1096-1105, 1995.

SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1996, Ithaca, NY. *Proceedings*.... Ithaca, NY: Cornell University, 1996. p.184-198.

SEYMOUR.W.M.; HERBEIN,H.J.; AKERS, R.M. et al. Effect of prepartum energy intake and post partum protein source on plasma somatotropin and insulin in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2936-2943, 1988.

SEYMOUR.W.M.; NOCEK, J.E.; SICILIANO-JONES, J. Effects of colostrum substitute and of dietary brewer's yeast on health and performance of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.412-420, 1995.

SEYMOUR, W.M.; POLAN, C.E. Effect of dietary energy regulation gestation on subsequent lactational responses to soybean meal or dried brewers grain. *J. Dairy Sci.*, v. 69, p.2837-2841, 1986.

SIMOPOULOS, A.P. Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases: The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.*, v.56, p.365-379, 2002.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJA. Mercado. Brasília: Sindicerv, 2009. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>. Acesso em: 18 abr. 2009.

STERN, M.D.; ZEIMER, C.J. Digestible fiber sources for dairy cattle. In: MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE, 53, 1992, St. Paul, MN. *Proceedings...* St. Paul, MN: Minnesota Extension Service, 1993. p.37-56.

TORRENT, J.; JOHNSON, D.E.; KUJAWA, M.A. Co-product fiber digestibility: kinetic and "in vivo" assessment. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.790-795, 1997.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VILELA, D. Subprodutos da cervejaria, alimento para o gado leiteiro. *Imagem Rural*, p.8-13, 1995.

WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactating dairy cows during hot, humid weather. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.196-204, 1994.

ZEOULA, L.M.; SILVA, J.F.C.; DIRCEU, D.J. et al. Valor nutritivo do resíduo seco de cervejaria para ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.14, p.551-558, 1985.

CAPÍTULO 10

FIBRA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Fernanda Samarini Machado¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Marcelo Neves Ribas³, Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior⁴*

RESUMO

A fibra representa a fração de carboidratos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações ao consumo de matéria seca e energia. Por outro lado, a fibra é essencial para manutenção da saúde dos ruminantes, por estimular a mastigação e a produção de saliva tamponante. Dentre os métodos analíticos disponíveis para a determinação das frações fibrosas, a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) representa a melhor opção para formulação de dietas para ruminantes, todavia é necessária a padronização das técnicas laboratoriais. As dietas devem apresentar um teor mínimo de FDN, para a manutenção da funcionalidade ruminal. Entretanto, ajustes devem ser realizados de acordo com os ingredientes utilizados e o manejo adotado. Os nutricionistas devem estar atentos às características físicas da fibra, como o tamanho de partículas, e outras propriedades que conferem efetividade ao FDN. Os conceitos de FDN efetiva e FDN fisicamente efetiva são relativamente recentes, e diversas metodologias foram desenvolvidas para suas determinações. Tornam-se necessários o desenvolvimento de um método padrão e a identificação das propriedades dos alimentos que influenciam a efetividade da fibra, visando ao estabelecimento de um banco de dados para uso na formulação de rações.

INTRODUÇÃO

No balanceamento de dietas para vacas leiteiras, os carboidratos geralmente constituem 70% ou mais da matéria seca das rações. Mas, além de quantitativamente importantes na composição do custo de produção de leite, os carboidratos dietéticos e, de forma específica, as frações fibrosas, desempenham papel fundamental na manutenção da funcionalidade do rúmen e, por conseguinte, da saúde da vaca em lactação (Lopes et al., 2006).

¹ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnppl.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. os2ribas@hotmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

As diferenças nas quantidades e propriedades físicas da fibra podem afetar a utilização da dieta e, conseqüentemente, o desempenho animal. Quando excesso de fibra é incluído na ração, a densidade energética torna-se baixa, a ingestão de matéria seca é reduzida e a produtividade animal tende a diminuir significativamente. Ao contrário, quando níveis mínimos de fibra não são atendidos ou, ainda, são inadequados quanto ao tamanho de partículas da forragem, vários distúrbios metabólicos podem manifestar-se, variando desde uma alteração no perfil de fermentação ruminal até uma acidose aguda, que pode levar à morte do animal (Mertens, 1997).

Desta forma, para maximizar a produção animal, as dietas devem ser balanceadas com uma concentração ótima de fibra que maximiza o consumo de energia, a síntese de proteína microbiana e a produção de leite. Entretanto, a formulação de rações que considera apenas a quantidade de fibra pode incorrer em desvios, principalmente para vacas de alta produção que consomem dietas com alta proporção de concentrados. Portanto, os nutricionistas devem considerar a importância das características físicas dos alimentos, como tamanho de partícula e densidade sobre a atividade de mastigação, fluxo de saliva, fermentação ruminal e composição do leite dos animais.

1. DEFINIÇÃO E METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DE FIBRA

A análise de fibra já faz parte da avaliação de alimentos há mais de 100 anos (Van Soest, 1994). No entanto, ainda hoje, não existe consenso entre nutricionistas em relação a uma definição uniforme para o termo (Weiss, 1993). De modo geral, a fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração lentamente digestível ou indigestível dos alimentos que ocupa espaço no trato gastrointestinal dos animais (Mertens, 1997).

Quimicamente, a fibra é um agregado de compostos e não uma entidade química distinta, portanto a composição química da fibra é dependente da sua fonte e da forma como foi medida. Desse modo, fibra é um termo meramente nutricional, e sua definição está vinculada ao método analítico empregado na sua determinação. De acordo com Mertens (1992), o objetivo de qualquer esquema rotineiro de análise de alimentos é detectar diferenças entre fontes de alimentos para fornecer informações úteis aos nutricionistas, e a fibra deveria separar a fração lentamente e não totalmente digerida daquela rapidamente ou quase totalmente digerida.

Atualmente, vários são os procedimentos analíticos disponíveis para determinação da fração fibrosa dos alimentos. Dentre estes, destacam-se como metodologias de aplicação rotineira a fibra bruta (FB), a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA).

1.1. Fibra bruta

Consiste principalmente de celulose, com pequenas quantidades de lignina e hemiceluloses. A FB continua sendo o método oficial de determinação da fibra, sendo

o seu registro obrigatório com níveis máximos nos ingredientes em rações. Este método, contudo, ignora as frações lignina e hemiceluloses, solubilizadas pelo tratamento da amostra com soluções alcalina e ácida, e não satisfaz a exigência de recuperação de componentes indigestíveis da fibra dietética (Nussio et al., 2006). A solubilização da lignina, em proporções variáveis, é uma séria limitação do método (Van Soest e Robertson, 1985). A lignina solubilizada torna-se parte dos extrativos não nitrogenados (ENN), os quais deveriam ser o componente mais digestível do alimento. A inclusão da lignina nos ENN resulta, no caso de volumosos, em digestibilidades do ENN frequentemente menores do que a digestibilidade da FB. Desta forma, gradativamente, o método de FB foi substituído pelo de detergentes neutro e ácido desenvolvido por Van Soest e Wine (1967).

1.2. Fibra em detergente ácido

A FDA é constituída pela celulose e lignina, que permanecem no resíduo em detergente ácido, sendo as hemiceluloses solubilizadas. Ocorre também alguma contaminação por pectina, minerais e compostos nitrogenados (principalmente produtos da Reação de Maillard). Este procedimento pode ser utilizado como uma etapa preparatória da determinação de lignina, nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA), celulose e sílica (Van Soest et al., 1991).

1.3. Fibra em detergente neutro

O método FDN recupera, quantitativamente, celulose, hemiceluloses e lignina, com variável contaminação por cinzas, amido e proteína (Weiss, 1993). A partir do método de detergente neutro inicialmente proposto por Van Soest e Wine (1967), o sistema passou por algumas modificações, sendo esta a principal causa de variações nos resultados de análises entre laboratórios (Mertens, 1998).

Robertson e Van Soest (1981) e Van Soest et al. (1991) introduziram o uso de amilase termoestável para auxiliar na remoção do amido no resíduo em detergente neutro (RDN) e eliminaram o uso de sulfito de sódio, por este remover compostos fenólicos.

Alterações mais recentes do método original incluem o uso de sulfito de sódio, para reduzir a contaminação do FDN com proteína insolúvel, e adição de amilase termoestável, para remover o amido, sendo o resíduo de fibra obtido denominado de FDN tratado com amilase (aFDN) (Undersander et al., 1993, citados por Mertens, 2002). Geralmente os valores de aFDN são diferentes dos obtidos por outros métodos de determinação de FDN, com implicações sobre estimativas de valor energético dos alimentos e formulação de rações (Mertens, 1998). Embora as diferenças possam ser pequenas entre forragens, quando os alimentos são submetidos ao aquecimento, como resíduos de cervejaria e de destilaria (Tabela 1), o uso de sulfito de sódio torna-se essencial para remover a proteína desnaturada ou ligada a carboidratos (Reação de Maillard). Da mesma forma, o uso da amilase é crucial para a determinação de FDN em grãos.

Tabela 1. Valores obtidos utilizando diferentes métodos para mensurar a FDN.

Alimentos	FDN ¹	RDN ²	aFDN ³	aFDN/RDN
	(-----% da MS -----)			(%)
Palha de trigo ^a	83,9	86,0	82,8	96,3
Capim-timóteo ^a	67,2	68,0	65,1	95,7
Feno de alfafa ^a	47,20	50,4	46,3	91,9
Silagem de alfafa		43,6	42,2	96,8
Silagem de milho ^a	55,9	55,0	52,6	95,6
Resíduo de cervejaria		52,3	40,9	78,2
Resíduo de destilaria		38,6	27,9	72,3
Farelo de soja		18,5	12,4	67,0
Milho grão		11,4	10,1	88,6
Polpa cítrica		21,3	20,2	94,8

¹ Fibra em detergente neutro: método original com sulfito, sem amilase (Van Soest e Wine, 1967);

² Resíduo em detergente neutro: sem sulfito, com amilase (Robertson e Van Soest, 1981);

³ Fibra em detergente neutro tratada com amilase: com sulfito e amilase (Undersander et al., 1993, citado por Mertens, 2002).

^a Robertson (1984, citado por Mertens, 2002).

Fonte: Adaptado de Mertens (2002).

2. FRACIONAMENTO DOS CARBOIDRATOS

A composição química, as características físicas e cinéticas de digestão são características dos carboidratos que afetam o consumo de matéria seca, a digestão e a utilização da dieta (Mertens, 1992).

Mertens (1996) ressalta que a classificação dos carboidratos em estruturais (CE) e não estruturais (CNE) refere-se unicamente à função desempenhada nas plantas e não deve ser confundida com o papel dos carboidratos na nutrição animal. Conceitualmente, os CE estão relacionados com a parede celular (PC) dos vegetais, que é composta por celulose, hemiceluloses, lignina, pectina, compostos fenólicos e proteínas, enquanto os CNE estão localizados no conteúdo celular.

Embora inúmeras vezes usados como sinônimos, os termos PC e fibra não representam frações idênticas dos carboidratos, tanto em definição quanto em composição (Figura 1). A PC pode conter pectina, um carboidrato de alta digestibilidade (Mertens, 1996) e, portanto, não representa uma medida acurada de fibra.

Desta forma, Mertens (1992) menciona que, em termos nutricionais, a classificação dos carboidratos em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) parece mais apropriada porque é baseada em características nutritivas, ao invés da função exercida na planta. Nesta classificação, os CNF representam as frações degradadas mais rapidamente e incluem amido, açúcares e pectina. Já os CF, principalmente a celulose e as hemiceluloses, ocupam espaço no trato digestório e exigem mastigação para redução do tamanho de partículas e passagem através desse trato. Nesse caso, CF e FDN têm

o mesmo significado nutricional, pois representam a mesma fração de carboidratos dos alimentos.

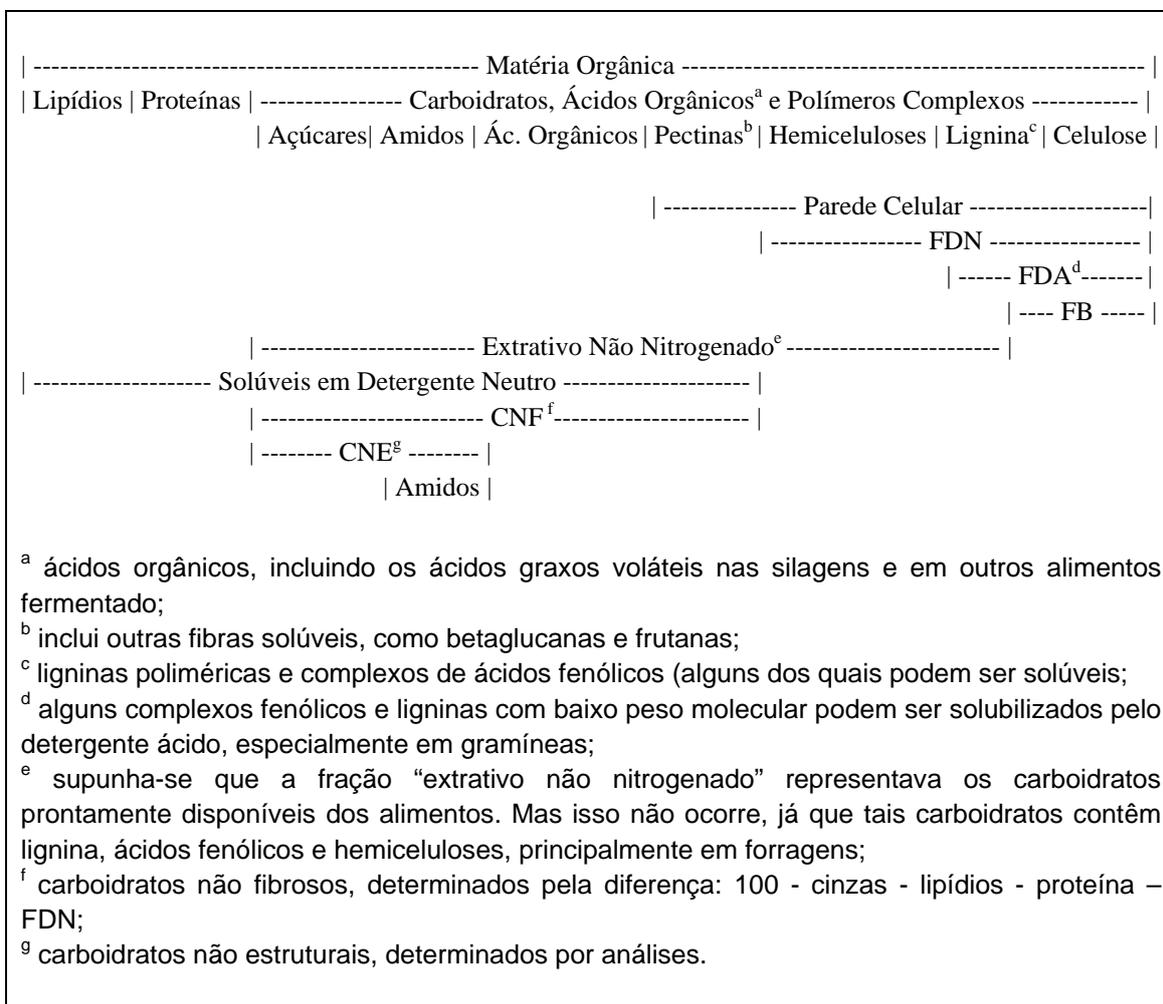


Figura 1. Fracionamento dos nutrientes.

Fonte: Adaptado de Mertens (2002).

Embora a FDN não tenha um valor nutritivo fixo, pois sua digestibilidade varia com o teor de lignina e outros fatores, a fração solúvel em detergente neutro apresenta valor nutricional elevado por ser quase completamente digestível (95 – 98%), com a exceção de alguns tipos de amido que são lentamente digeridos (Mertens, 2002).

A FDN mede o teor de fibra total e quantitativamente determina diferenças entre concentrado e volumoso, podendo ainda diferenciar volumosos de melhor ou pior qualidade (Gomes et al., 2007b). Van Soest (1994) menciona que a FDN é altamente correlacionada com a densidade volumétrica do alimento, representando a fração de digestão lenta e, portanto, é altamente correlacionada com o enchimento ruminal e o consumo de matéria seca. A concentração de FDN no alimento ou na ração é negativamente correlacionada com a concentração energética, e a composição

química da FDN (proporções de celulose, hemiceluloses e lignina) afeta a digestibilidade da fração FDN. Portanto, dietas com concentrações similares de FDN não necessariamente terão concentrações de energia líquida para lactação (EL_L) semelhantes.

3. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE VACAS EM LACTAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA

A formulação de rações baseada no teor de FDN, embora atenda a um dos principais objetivos no balanceamento de dietas, que é definir o limite superior da relação volumoso/concentrado (V:C), não leva em consideração as características físicas da fibra, que estão associadas à cinética de digestão e à taxa de passagem (Mertens, 1997).

As propriedades físicas da fibra em rações de vacas leiteiras são afetadas pela razão V:C, tipos de forragens e concentrados utilizados, proporção de fontes de fibra não forrageiras, tamanho de partícula e processamento dos ingredientes da dieta (Mertens, 1997). Estas propriedades físicas podem influenciar a saúde e a longevidade das vacas, a fermentação ruminal, o metabolismo animal e o teor de gordura no leite, independentemente da quantidade e composição da FDN quimicamente mensurada.

A FDN pode ser utilizada eficientemente para definir o limite inferior da relação V:C quando a maior parte da fibra da dieta provém de forragens com partículas longas ou picadas grosseiramente. Entretanto, FDN não é adequada para balancear dietas quando a forragem é finamente picada ou quando fontes de fibra não forrageira são utilizadas (Mertens, 2002).

A cascata de eventos responsável por decréscimos no desempenho animal, quando dietas com pouca fibra efetiva são formuladas e fornecidas para vacas em lactação, inclui reduções na atividade de mastigação, com conseqüente menor secreção de saliva tamponante. Isso leva à diminuição do pH ruminal e às alterações nos padrões de fermentação deste órgão. O estreitamento da relação acetato/propionato provoca modificações no metabolismo animal, que convergem para depressões de magnitude variada, na síntese de gordura do leite (Mertens, 2001).

Na Tabela 2, Mertens (2001) resumizou respostas fisiológicas típicas de vacas leiteiras, decorrentes das variações nas proporções de forragem de fibra longa e das concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta.

A incidência de distúrbios metabólicos, como deslocamento de abomaso, paraqueratose ruminal, abscessos hepáticos e laminite crônica, tem sido associada ao suprimento dietético inadequado de partículas longas de fibra (Buckmaster, 2000). Entretanto, segundo Mertens (1997), os efeitos decorrentes

das dificuldades de detecção de alterações na fermentação ruminal, originando acidose subclínica, podem ter impactos econômicos mais graves na produção leiteira.

Tabela 2. Respostas fisiológicas típicas de vacas leiteiras, decorrentes das variações nas proporções de forragem de fibra longa e das concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta¹.

Variável	% de feno de gramínea com fibra longa na dieta de vacas leiteiras					
	100	80	60	40	20	0
Fibra em detergente neutro (FDN) na dieta (%)	70	59	48	36	25	14
Tempo de mastigação (min/dia)	1.080	1.040	970	820	520	320
Secreção de saliva (L/dia)	200	196	189	174	143	123
Bicarbonato salivar (kg/dia)	2,5	2,4	2,3	2,2	1,8	1,5
pH ruminal	6,8	6,7	6,5	6,2	5,8	5
Ácidos graxos voláteis no rúmen (mM)	85	95	105	115	125	135
Acetato ruminal (% molar)	70	66	61	55	48	40
Propionato ruminal (% molar)	15	18	22	27	33	40
Relação acetato:propionato	4,7	3,7	2,8	2,0	1,4	1,0
Gordura no leite (%)	3,7	3,6	3,5	3,4	3,0	1,0

Fonte: ¹ Adaptado de Mertens (2001).

4. EXIGÊNCIAS DE FIBRA PARA VACAS LEITEIRAS

Vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades mínimas de fibra para estimular a atividade de mastigação, manter o fluxo de saliva e um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela degradação de carboidratos fibrosos (Nussio et al., 2006).

O National Research Council - NRC (2001) sugere que a concentração mínima de FDN seja de 25% da matéria seca da dieta, desde que 75% da FDN total seja oriunda da forragem (FDNF), ou seja, 19% de FDNF. Entretanto, esses teores devem ser utilizados em condições específicas, nas quais as vacas são alimentadas com dietas à base de silagem de milho ou alfafa, com tamanho de partículas adequado, e grão de milho como fonte de amido, sendo a oferta de alimento na forma de ração completa.

A partir de uma ração contendo 19% de FDNF e 25% de FDN total, para cada 1% de redução no FDNF, deve-se aumentar 2% no FDN total e reduzir 2% no CNF máximo (Tabela 3). A premissa dessa proposta é a de que subprodutos fibrosos, utilizados para substituir forragens, têm metade da sua capacidade para manter o pH ruminal, a atividade de mastigação e o teor de gordura no leite.

Tabela 3. Recomendações das concentrações mínimas de FDN total, FDN de forragem e FDA (% da MS) e concentrações máximas de CNF (% da MS) em rações de vacas em lactação¹.

Mínimo de FDN da forragem	Mínimo de FDN total	Máximo de CNF	Mínimo de FDA
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

¹ Considerando adequado tamanho de partícula da forragem, milho como principal fonte de amido e rações fornecidas em mistura total.

Fonte: NRC (2001).

De acordo com Allen (1995), o requisito mínimo de FDN para vacas leiteiras é em torno de 30% na MS da dieta. Entretanto, diante da grande diversidade de ingredientes disponíveis, métodos de fornecimento da ração, frequência de alimentação e processamento de forragens, tornam-se necessários ajustes na concentração de FDN. Esse autor sugere algumas recomendações, adotando-se como base uma dieta com 30% de FDN na MS.

- *Tamanho de partícula das forragens.* Nenhum ajuste é necessário nas dietas à base de silagem de milho, quando 5-10% das partículas são maiores do que 19mm. O teor de FDN deve ser reduzido em duas unidades percentuais quando a silagem contém mais de 15% das partículas acima de 19mm ou quando é fornecido feno longo, e aumentado em duas unidades percentuais quando a forragem apresenta pouca quantidade de partículas longas (menos de 5% das partículas acima de 19mm). O teor de FDN deve ser elevado em quatro unidades para volumosos finamente picados, sem partículas longas.
- *Frequência de fornecimento do concentrado.* O conteúdo de FDN deve ser reduzido em 1,5 unidade quando o concentrado é fornecido quatro ou mais vezes por dia, ou quando se utiliza fornecimento de dieta completa. É necessário elevação de 1,5 unidade no teor de FDN quando o concentrado é fornecido duas vezes por dia ou menos.
- *Uso de tampões.* O teor de FDN pode ser reduzido em 0,5 a 1% na MS quando tamponantes são adicionados à dieta.
- *Degradabilidade ruminal do amido.* Nenhum ajuste é necessário quando 75-80% do amido é degradado no rúmen. O teor de FDN da dieta deve ser reduzido em duas unidades percentuais se a digestibilidade ruminal for de 65-75%. Deve-se aumentar o teor de FDN em duas unidades quando mais 80% do amido for degradado no rúmen.
- *Digestibilidade da fibra.* Deve haver um incremento de duas unidades percentuais na FDN quando são utilizadas forragens com elevada digestibilidade da FDN, como forragens imaturas ou silagens de milho de alta qualidade.

- *Utilização de subprodutos.* Nenhum ajuste é necessário se não houver inclusão de subprodutos na dieta. Aumentar a FDN em duas unidades percentuais quando forem utilizados mais de 10%, na MS da dieta, de subprodutos com elevado teor de fibra e finamente picados. A fibra proveniente dos subprodutos deve ser limitada a 30% da exigência de fibra total.
- *Adição de gordura.* Quando há inclusão de 2-3% de gordura na MS da dieta, pode-se reduzir o teor de FDN em uma unidade percentual.

Em todos os contextos avaliados acima, a redução no teor de FDN nunca deve exceder cinco unidades percentuais, sendo o limite mínimo de FDN recomendado de 25% na MS (Varga et al., 1998).

Já a quantidade máxima de FDN que pode ser incluída em rações é função das exigências de energia líquida de lactação (EL_L) da vaca, da quantidade de CNF necessária para boa fermentação ruminal e do efeito negativo que a fibra exerce sobre o consumo de matéria seca (NRC, 2001). Segundo Firkins (2002), as rações de vacas em lactação devem conter teores máximos de 30% de FDN oriunda de forragem e 35 a 40% de FDN total, para evitar restrições no consumo de MS devido ao efeito de enchimento ruminal. Lana et al. (2004) avaliaram dados experimentais de vacas leiteiras publicados no Brasil e sugeriram que o teor de FDN total deve ser reduzido com o aumento da produção de leite, variando de 50 a 33% da MS da ração para produções diárias de 18 a 24Kg de leite por vaca, respectivamente.

Teores de FDN em relação ao peso vivo (PV) também foram estabelecidos. O Sistema de Carboidratos e Proteína Líquidos de Cornell (CNPS) para bovinos assume um consumo máximo de FDN ao parto de 0,8% do PV e de 1,2% do PV no período de 100 dias pós-parto a 160 dias de gestação (Fox et al., 1992).

5. CONCEITOS DE EFETIVIDADE DA FIBRA - FDN FISICAMENTE EFETIVA E FDN EFETIVA

Mertens (1997) relatou que, embora a determinação da concentração de FDN possa ser considerada como de rotina, a efetividade da fibra tem sido definida sob diferentes formas, e tentativas vêm sendo feitas para incorporar os conceitos de FDN efetiva e FDN fisicamente efetiva na formulação de rações.

A fibra fisicamente efetiva (FDN_{fe}) de um alimento corresponde às propriedades físicas de FDN, principalmente tamanho de partículas, que estimulam mastigação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal, contribuindo para a formação de uma camada flutuante de partículas grandes, denominadas de *mat*, sobre um *pool* de líquido e partículas pequenas (Mertens, 1997). Em termos práticos, é o produto do fator de efetividade física (fef) pela porcentagem de FDN obtida da análise química de um alimento (Armentano e Pereira, 1997). O valor de FDN_{fe} dos alimentos está relacionado à concentração de FDN e à variação no tamanho de partícula, sendo esses fatores críticos para estimulação da ruminação e motilidade do rúmen (Mertens, 1998).

A fração FDN efetiva (FDNe) está relacionada ao somatório das habilidades totais de um alimento em substituir a forragem na ração, contanto que a porcentagem de gordura do leite produzido por vacas consumindo tal dieta seja mantida. Por definição, fatores de efetividade (fe) para FDN podem variar de zero, quando um alimento não tem habilidade para manter o teor de gordura do leite, para valores maiores que um, quando um alimento mantém a porcentagem de gordura do leite mais efetivamente do que o faz a atividade de mastigação (Mertens, 1997).

Quando apenas o teor de gordura do leite é utilizado como a variável de resposta de mudança na efetividade, os efeitos físicos da FDN sobre a atividade de mastigação e tamponamento ruminal são confundidos com os efeitos metabólicos causados por diferenças na composição química dos alimentos (Allen, 1997). Mertens (2001) discutiu que os efeitos adicionais parcialmente incluídos na FDNe envolvem características dos alimentos associadas com a capacidade intrínseca de tamponamento, composição e concentração de gordura, teores de proteínas solúveis e carboidratos e proporções molares e concentrações de ácidos graxos voláteis.

Portanto, FDNfe e FDNe diferem em conceito e valores estabelecidos para cada alimento e, em razão de a FDNfe estar relacionada a propriedades puramente físicas da fibra, trata-se de um conceito mais restrito que FDNe (Mertens, 1998).

6. FONTES DE FIBRA NÃO FORRAGEIRA

O uso de subprodutos para atender as exigências de fibra torna-se uma opção importante para rações cujo balanceamento pode ser limitado pela quantidade ou qualidade das forragens disponíveis. Os subprodutos utilizados com esse propósito constituem uma fonte de fibra não forrageira (FFNF), destacando-se a casca de soja, o caroço de algodão, a casca de algodão e a polpa cítrica.

A FDN de vários subprodutos é potencialmente mais digestível no rúmen do que a FDN oriunda de forragens (FDNF). Assim, existe potencial para aumentar a digestibilidade ruminal e do trato total da FDN quando FFNF substituem forragens em dietas de vacas em lactação. Por outro lado, a taxa de digestão da FDN de FFNF no rúmen é semelhante ou inferior a de forragens e, além disso, estas fontes de fibra têm tamanho menor de partículas e gravidade específica maior (Firkins, 1997). A combinação desses fatores contribui para taxa de passagem mais rápida dos subprodutos do que das forragens. Como digestão e passagem são processos que competem entre si, as FFNF devem ser retidas no rúmen para aumentar a digestibilidade ruminal de FDN.

Fonte, quantidade e características físicas da forragem podem interagir com FFNF e influenciar o comportamento ingestivo, a digestão da fibra no trato gastrointestinal, a taxa de passagem, a energia metabolizável da ração e o desempenho dos animais (Grant, 1997; Mooney e Allen, 1997).

A presença de fibra de volumosos no rúmen pode alterar a consistência do *mat* e aumentar a retenção da FFNF, além de estimular a mastigação de forma mais eficiente. Desse modo, em dietas com inclusão de grandes quantidades de subprodutos como fonte de fibra, torna-se interessante a utilização de forragem com maiores tamanhos de partícula. Weidner e Grant (1994) substituíram 40% de uma mistura de silagens de alfafa e de milho por casca de soja (25% da MS) em dietas de vacas em lactação, com ou sem a inclusão de feno de alfafa picado grosseiramente. A inclusão de casca de soja e feno aumentou a consistência do *mat*, elevou o pH ruminal e aumentou o tempo de ruminação. Sem a inclusão do feno, a casca de soja não apresentou a mesma efetividade.

O NRC (2001) assume que a FDN de FFNF apresenta 50% da efetividade da FDN de forragens. A exceção é o caroço de algodão, que apresenta um fe de 1,0 e fef de 0,9, valores semelhantes aos de forragens longas.

7. MÉTODOS PARA QUANTIFICAR A EFETIVIDADE DA FIBRA

A efetividade de FDN vem sendo avaliada por meio de métodos estatísticos (Mertens, 1997), de ensaios biológicos (Clark e Armentano, 1993) e/ou do emprego de métodos laboratoriais de avaliação da estratificação de partículas dos alimentos (Buckmaster et al., 1997; Mertens, 1997; Fox et al., 1999).

7.1. Teor de gordura no leite

A manutenção da porcentagem de gordura do leite tem sido o centro das atenções de muitas pesquisas e de aplicações do conceito de fibra efetiva por nutricionistas no campo. O inevitável impacto econômico para o produtor, a facilidade pela qual pode ser mensurada e a expectativa de que possa ser um aceitável reflexo da saúde, do bem-estar e do desempenho animal são algumas das justificativas em que se baseia a eleição desta variável como indicativa dos efeitos da concentração dietética de FDNe (Lopes et al., 2006).

O procedimento metodológico clássico, utilizado em experimentos de curta duração, para estimativa de valores de FDNe para subprodutos fibrosos de origem vegetal (fontes de fibra não forrageira), baseia-se nas alterações observadas na porcentagem de gordura do leite, quando a FDN de uma forragem considerada padrão (fe = 1,0) é substituída pela FDN daquele subproduto sob teste (Clark e Armentano, 1993; Swain e Armentano, 1994; Depies e Armentano, 1995).

Este método exige a formulação de uma dieta basal com baixas concentrações de FDN total. A partir destes níveis basais, são formuladas dietas com níveis crescentes de adição de FDN da forragem padrão, visando à obtenção de uma curva de resposta-padrão, relacionando teores de gordura do leite *versus* os conteúdos dietéticos de FDN da forragem referência (Swain e Armentano, 1994). O coeficiente de inclinação obtido desta regressão fornece uma estimativa do aumento linear de unidades

percentuais de gordura no leite para cada 1% de FDNe oriunda da forragem padrão. Com base nas concentrações de FDN definidas na dieta basal, deve-se formular uma ração contendo um nível adicional de FDN oriunda do alimento a ser testado. Desta forma, um segundo coeficiente de regressão é obtido, o qual expressa o acréscimo linear de unidades percentuais de gordura no leite com a adição de 1% de FDNe oriunda do alimento teste. Da razão entre os dois coeficientes de regressão obtidos, tem-se uma estimativa do fe para o alimento teste em relação à forragem considerada padrão no experimento (Lopes et al., 2006).

Por exemplo, se em uma avaliação com vacas em lactação, a inclusão na ração de FDN de grãos de destilaria desidratados gerasse um coeficiente de regressão linear de 0,020 e a silagem de alfafa um coeficiente de 0,025, o valor calculado de efetividade dos grãos de destilaria seria de 0,8 (0,020/0,025). Portanto, este produto teria 80% da efetividade da silagem de alfafa (Lima, 2003).

Alguns problemas deste método são: assume-se que a resposta do teor de gordura no leite ao aumento no teor de FDN da ração é linear; não são consideradas as diferenças que frequentemente ocorrem na qualidade ou efetividade da fibra da silagem alfafa (tamanho de partícula); e desconsidera-se que a porcentagem de gordura no leite pode ser afetada por outros fatores e não apenas pelo teor de FDN da forragem (Armentano e Pereira, 1997).

Nas Tabelas 4 e 5, podem-se observar os teores de FDNe de alguns alimentos frequentemente utilizados na alimentação de vacas leiteiras.

Tabela 4. Teores de fibra em detergente neutro efetiva (FDNe) de alguns alimentos rotineiramente utilizados na alimentação de ruminantes.

Tamanho de partícula (cm)	Alimento	FDN (%MS)	FDNe (% FDN)	FDNe (%MS) ¹
< 0,653	Milho grão moído	9	0	0
	Feno de gramínea maduro	72	73	53
	Silagem de milho	41	61	25
0,653 - 1,27	Feno de gramínea maduro	72	88	63
	Silagem de milho	41	71	29
	Sabugo de milho	90	80	72
	Milho quebrado	9	60	5
1,27 - 2,54	Feno de gramínea maduro	72	100	72
	Sabugo de milho	90	100	90
	Caroço de algodão	44	100	44
Longo (>2,54)	Feno de gramínea maduro	72	100	72
	Pastagem de gramínea	50	41	21
	Milho grão inteiro	9	100	9
	Palha de arroz ²	85	120	102

¹ FDNe (%MS) = FDN (%MS) x FDNe (%MS).

² Valor elevado devido ao alto teor de lignina (20 % MS).

Fonte: Adaptado do CNPS (dados não publicados), citado por Gomes et al. (2007a).

Tabela 5. Teor de fibra em detergente neutro efetiva (FDNe; %FDN) de alguns concentrados para bovinos.

Ingrediente	FDNe (% FDN)
Caroço de algodão	100
Grão de soja inteiro	100
Milho seco inteiro	100
Milho quebrado	60
Fubá de milho	48
Milho alta umidade ¹	48
Farelo de algodão	36
Glúten de milho	36
Polpa cítrica	33
Farelo de soja	23

¹ Moagem fina.

Fonte: Adaptado de Sniffen et al. (1992).

Outra consideração a respeito da obtenção destas estimativas de fe está relacionada ao uso de vacas nos terços médio e final da lactação (Allen 1995, 1997; Kononoff, 2002). Segundo o NRC (2001), a composição do leite destes animais é mais sensível a mudanças dietéticas. Por este motivo, segundo Allen (1997), os valores de efetividade estimados com o auxílio desta metodologia não seriam aplicáveis a vacas no início da lactação. O autor sugere que o pH ruminal seria uma resposta mais adequada na determinação da exigência de fibra efetiva para esta categoria animal.

Embora o baixo teor de gordura no leite seja um indicador da formulação inadequada de rações, casos de laminite podem ser encontrados em rebanhos que não apresentam sinais de depressão no teor de gordura do leite, sugerindo que este não é um parâmetro adequado para avaliação da função ruminal e da saúde do rebanho (Mertens, 2000).

7.2. Comportamento ingestivo

O tempo de mastigação, composto pela ingestão e ruminação, tem sido uma das medidas mais estruturadas e utilizadas para avaliar a efetividade de FDN, por afetar a secreção de saliva, o processo de trituração dos alimentos, a função ruminal (pH e perfil de AGV), o consumo de matéria seca e a porcentagem de gordura no leite (Colenbrander et al., 1991). Vacas em lactação podem produzir até 308 litros de saliva por dia durante a mastigação (Cassida e Stokes, 1986), sendo esse um dos mecanismos mais importantes de remoção de íons hidrogênio produzidos durante a fermentação ruminal dos alimentos.

O tempo de mastigação é afetado principalmente pelo consumo de matéria seca, pelo teor de FDN total e por características físicas da ração (tamanho de partícula). Portanto, o comportamento ingestivo pode ser usado para calcular os valores de efetividade física da fibra dos alimentos e compará-los entre si.

Mooney e Allen (1997) desenvolveram uma série de equações, baseadas na concentração de FDN e no tempo de mastigação, as quais foram utilizadas para calcular a efetividade física da fibra da silagem de alfafa e do caroço de algodão. Nesse método, os autores consideraram os teores de FDN dos alimentos e o tempo de mastigação proporcionado por ingrediente da ração. A contribuição dos concentrados para mastigação foi assumida como sendo igual a zero, embora Mertens (1997) tenha estimado valores tão altos quanto 0,94 para o milho triturado grosseiramente. Outra suposição, baseada na regressão de médias para tratamentos publicados na literatura, foi que o tempo basal de mastigação seria de 355 minutos por dia para dietas com 0% de FDN. Os valores de efetividade física dos alimentos testados foram calculados dividindo-se o tempo de mastigação por unidade de FDN do alimento teste pelo tempo de mastigação por unidade de FDN da silagem de alfafa.

Esse método de avaliação da FDNfe assume que a resposta do tempo de mastigação em relação ao aumento do teor de FDN da ração é linear, embora existam evidências na literatura de que não haja linearidade desta resposta (Woodford e Murphy, 1988; Beauchemin, 1991; Grant, 1997). Grant (1997) observou que a ruminação por unidade de FDNf consumida aumentou quando o teor de FDN da ração diminuiu, sugerindo que as vacas apresentavam um mecanismo adaptativo de aumento na eficiência de ruminação quando o consumo de FDN era limitado.

Mertens (1997) propôs o conceito de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) utilizando análises de regressão para designar fef para classes de alimentos, baseados na atividade de mastigação que eles estimularam. A princípio, Mertens (1997) sumarizou dados de atividade de mastigação de 45 experimentos publicados e determinou o consumo de FDN para cada fonte dietética e forma física das 265 combinações de vacas e tratamentos. Desse modo, foram estabelecidos coeficientes de regressão representando “minutos de mastigação/Kg de FDN” para cada fonte e forma física. O feno de gramínea com fibra longa originou um coeficiente de regressão de 150min/Kg de FDN e foi escolhido como a forragem padrão (fef=1,0). Para determinar os coeficientes de fef de vários alimentos, os tempos totais de mastigação foram divididos por 150min/Kg de FDN e efetuou-se a regressão dessa variável *versus* o consumo de FDN (Kg/dia) de cada alimento.

7.3. Métodos laboratoriais

Um simplificado sistema para avaliação da FDNfe, que considera as características químicas e físicas dos alimentos, foi proposto por Mertens (1997). A concentração de FDN (% MS) do alimento é multiplicada pela porcentagem de partículas retidas em peneiras maiores do que 1,18mm, obtendo-se o valor de FDNfe, como pode ser visto na Tabela 6. Essa metodologia tem como premissa básica que partículas com tamanho inferior a 1,18mm passam rapidamente pelo rúmen, não evidenciando importância no estímulo à mastigação e ruminação (Poppi et al., 1985). Além disso, pressupõe que a FDN é uniformemente distribuída nas frações do alimento contendo distintos tamanhos de partículas; que a atividade de mastigação é igual para todas as

partículas retidas na malha de 1,18mm; e que a fractabilidade (facilidade na redução do tamanho) é semelhante entre fontes de FDN (Mertens, 1997).

Buckmaster et al. (1997) também desenvolveram um método de avaliação do consumo de fibra efetiva, denominado Índice de Fibra Efetiva (IFE), baseado na distribuição das partículas dos alimentos em três peneiras e na concentração de FDN de cada fração, ponderada pela respectiva efetividade relativa em cada uma dessas frações. Nesse caso, a distribuição das partículas por tamanho foi efetuada utilizando-se o conjunto de peneiras (>19mm, 8 a 19mm e < 8mm) da *Penn State Forage and TMR Separator* (Lammers et al., 1996). Segundo Buckmaster (2000), os coeficientes de efetividade relativa, que foram determinados baseados em dados publicados na literatura, refletem a efetividade de cada tamanho de partícula em estimular a ruminação e em contribuir para a formação do *mat* ruminal. Entretanto, o autor alertou que ajustes baseados no tipo de alimento podem evidenciar-se necessários, pois este índice não capta diferenças na efetividade de partículas de distintas fontes dietéticas. Recentemente uma nova peneira com abertura de malhas de 1,18mm foi incluída no *Penn State Forage and TMR Separator* (PSPS) e sua utilização foi validada, visando à caracterização adicional das partículas mais finas do alimento ou da dieta (Kononoff, 2002).

Um aspecto importante a ser considerado é que a metodologia de avaliação afeta a estimativa da efetividade física da FDN, sendo que os valores de FDNfe foram consideravelmente menores quando avaliados por meio da PSPS. Também foi identificada correlação mais elevada entre os valores de FDNfe estimados pela metodologia de Mertens (1997), partículas retidas em peneiras de 1,18mm e a atividade de mastigação (Beauchemin et al., 2003).

Tabela 6. Estimativas da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe), utilizando-se análises químicas e físicas.

Alimentos	FDN (% MS)	Fração retida (% de MS) retida em peneira de 1,8 mm	FDN fe (% MS)¹
Padrão	100	1,00	100,0
Feno de gramínea	65	0,98	63,7
Feno de leguminosa	50	0,92	46,0
Silagem de leguminosa²	50	0,82	41,0
Silagem de leguminosa³	50	0,67	33,5
Silagem de milho	51	0,81	41,5
Resíduo de cervejaria	46	0,18	8,3
Milho moído	9	0,48	4,3
Farelo de soja	14	0,23	3,2
Casca de soja	67	0,03	2,0

¹ FDNfe = FDN (%MS) x fração retida na peneira (% MS); ² Silagem picada grosseiramente; ³ Silagem picada finamente.

Fonte: Mertens (1997).

8. VALORES DE EFETIVIDADE DA FDN SEGUNDO A METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO

Os conceitos de FDN fisicamente efetiva e FDN efetiva são relativamente recentes, e tentativas vêm sendo feitas para incorporar este conceito na formulação de dietas para vacas em lactação. Entretanto, no momento, a falta de um método padrão e validado para medir fibra efetiva e estabelecer exigências limita a aplicação deste conceito.

Allen e Grant (2000), trabalhando com vacas nos terços iniciais de lactação, determinaram dois fatores de efetividade (fe), a partir da concentração de gordura do leite e do pH ruminal; e um fator de efetividade física (fef), tendo a atividade de ruminação (min/Kg de FDN) como variável de resposta animal. A forragem padrão (fef ou fe = 1,0) foi a silagem de alfafa, e o alimento teste foi o glúten úmido de milho. Os índices de efetividade obtidos foram de 0,74; 0,13; e 0,11, respectivamente, para porcentagem de gordura no leite, pH e atividade de mastigação. Os autores consideraram que as diferenças observadas nos índices de efetividade foram reflexo dos atributos químicos e físicos do glúten de milho. Segundo eles, este alimento possui fibra altamente digestível, que foi capaz de diluir carboidratos não fibrosos dietéticos, provocando decréscimos na produção de ácidos de fermentação. Mas, devido ao seu pequeno tamanho de partícula, a FDN foi somente 11% tão efetiva quanto a FDN da silagem de alfafa em estimular a ruminação. Allen e Grant (2000) concluíram que os índices de efetividade podem variar substancialmente em função da variável resposta e recomendaram uma posição mais conservadora no tocante ao uso do menor valor obtido, evitando possível acidose no rúmen. Esta estratégia também foi recomendada por Pereira et al. (1999) para formulação de dietas em que fontes de fibra não forrageira são incluídas.

Depies e Armentano (1995), trabalhando com vacas no terço médio da lactação e silagem de alfafa como forragem-padrão, também obtiveram estimativas para fe e fef bastante diferentes quando utilizaram as respostas “porcentagem de gordura no leite” e “tempo de ruminação”. Os valores relatados para fe (porcentagem de gordura do leite) da FDN foram de 0,51 para ambos, o sabugo e milho moído e o farelo de trigo. Os respectivos fef da FDN (atividade de mastigação) para cada alimento foram 0,42 e 0,33. Os autores concluíram que metade da efetividade da FDN da silagem de alfafa refere-se ao seu tamanho de partículas, um efeito que não pode ser substituído pela FDN da maioria das fontes de fibra não forrageira. A outra metade da efetividade da FDN da silagem de alfafa e toda a efetividade da maioria das fontes de fibra não forrageira são decorrentes do efeito de diluição dos carboidratos não fibrosos da dieta.

A determinação das características químicas e físicas dos alimentos, que influenciam sua efetividade em manter a funcionalidade do rúmen e o bem-estar do animal, evidencia-se como importante ferramenta para a otimização de dietas para vacas leiteiras. Dessa forma, a identificação das vantagens e das deficiências inerentes às metodologias utilizadas na determinação dos fatores de efetividade dos alimentos torna-se necessária para orientar a busca por uma metodologia padrão que beneficie a aplicação prática do conceito de fibra efetiva. Mais pesquisas são necessárias para

identificar as propriedades dos alimentos que influenciam a efetividade da fibra dietética, visando ao estabelecimento de um banco de dados para uso na formulação de rações.

9. EXIGÊNCIAS DE FIBRA EFETIVA

Atualmente, as exigências de FDN efetiva disponíveis para formulação de rações para vacas leiteiras foram estabelecidas por Mertens (1997), a partir de análises de regressão de dados da literatura. Foi estabelecido que o teor mínimo de FDNfe necessário para manter o teor de gordura no leite em 3,4% seria de 19,7% na MS. Esse autor também avaliou o pH do líquido ruminal para estabelecer a exigência de FDNfe. Nesse caso, para manter um pH de 6,0 no fluido ruminal, é necessário o teor de 22,3% de FDNfe na MS da ração.

Assim, Mertens (2000) sugeriu que a formulação de dietas para vacas leiteiras deve conter, no mínimo, 21% de FDNfe, admitindo-se uma amplitude de 19 a 23% de FDNfe na MS. O deslocamento em direção a um dos extremos depende de fatores que afetam a atividade de mastigação, da produção de ácidos no rúmen, das variações nas composições das rações, do manejo, da capacidade natural dos alimentos para o tamponamento do rúmen e da suplementação com tamponantes.

O CNPS (Fox et al., 1999) também estabeleceu recomendações mínimas de FDNfe na MS da dieta, considerando fatores relacionados ao manejo e à composição da ração. O sistema sugere um teor mínimo de 20% de FDNfe em rações que visam maximizar o uso de CNF e a produção de proteína microbiana, sendo o concentrado fornecido em ração total (TMR).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento das propriedades químicas e físicas das forragens e dos subprodutos utilizados como fontes de fibra representa uma importante ferramenta para os nutricionistas, principalmente em sistemas de produção de leite especializados, nos quais é necessário um maior refinamento. O balanceamento de dietas para vacas de alta produção exige a utilização dos limites inferiores da exigência de fibra. Nesse contexto, a aplicação prática dos conceitos de efetividade garantirá a manutenção da funcionalidade do rúmen e da saúde e longevidade do animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, D.M.; GRANT, R.J. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.322-331, 2000.

ALLEN, M. Fiber requirements: finding optimum can be confusing. *Feedstuffs*, v.67, n.19, p.13-16, 1995.

ALLEN, M. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1447-1462, 1997.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1416-1425, 1997.

BEAUCHEMIN, K.A.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on hewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.3140-3151, 1991.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; RODE, L.M. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cows diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.630-643, 2003.

BUCKMASTER, D.R. Particle size in dairy rations. In: Garnsworthy, P.C.; Wiseman, J. (Ed.) *Recent advances in animal production*. Nottingham: Nottingham University Press, 2000. p.109-128.

BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, R.; LAMMERS, B.P. Characterizing effective fiber with particle size and fiber concentration interactions. In: International Grassland Congress, 18., 1997, Winnipeg, Manitoba. *Proceedings...* Brandon, MB: Canadian Forage Council, 1997, p.71-82.

CASSIDA, K.A.; STOKES, M.R. Eating and resting salivation in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.1282-1292, 1986.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2644-2650, 1993.

COLENBRANDER, V.F.; NOLLER, C.H.; GRANT, R.J. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behaviour. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.2681-2690, 1991.

DEPIES, K.K.; ARMENTANO, L.E. Partial replacement of alfalfa fiber with fiber from corn cobs or wheat middlings. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1328-1335, 1995.

FIRKINS, J.L. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grains or whole cottonseed to replace forage. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2662, 2002.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E. et al. *Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: Model documentation*. v.3.01. Ithaca, NY: Cornell University, 1999.

GOMES, S.P.; BORGES, A.L.C.C.; CAMPOS, M.M. Efetividade da fibra na nutrição de ruminantes. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, n.55, p.17-13, 2007a.

GOMES, S.P.; CAMPOS, M.M.; BORGES, A.L.C.C. Importância da efetividade da fibra na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Leite Integr.*, n.10, p.21, 2007b.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1438-1446, 1997.

KONONOFF, P. J. *The effect of ration particle size on dairy cows in early lactation*. 2002. 139f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal Science) - The Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, University Park, PA.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations *J. Dairy Sci.*, v.79, p.922-928, 1996.

LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; MORAIS, C.A.C. et al. Predição e validação do desempenho de vacas leiteiras nas condições brasileiras e uso das equações para estimativa das exigências nutricionais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: SBZ, 2004. CD-ROM.

LIMA, M.L.M. *Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos*. 2003. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

LOPES, F.C.F.; RODRÍGUEZ, N.M.; ARCURI, P.B. et al. *Fibra efetiva para vacas em lactação*. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2006. 50p. (Documentos, 114).

MERTENS, D. Formulating dairy rations: Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATION CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Madison, WI. *Proceedings...* Madison, WI: U.S. Dairy Forage and Research Center, 1996. p. 81-92.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras, MG. *Anais...* Lavras, MG: SBZ, 1992. p.1-32.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. Fiber composition and value of forages with different NDF concentrations. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1998, Phoenix, AZ. *Proceedings...* Phoenix, AZ: University of Arizona, 1998. p.85-99.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers of crucibles: collaborative study. *J. Assoc. Off. Chem. Int.*, v.85. p.1217-1240, 2002.

MERTENS, D.R. Physically effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2001, Lavras, MG. *Anais...* Lavras, MG: UFLA-FAEPE, 2001. p.25-36.

MOONEY, C.S.; ALLEN, M.S. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole linted cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2052-2061, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal, SP: Funep, 2006. p.151-182.

PEREIRA, M.N.; GARRET, E.F.; OETZEL, G.R. et al. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2716-2730, 1999.

POPPI, D.R.; HENDRICKSON, R.E.; MINSON, D.J. The relative resistance to escape of leaf and stem particles from the rumen of cattle. *J. Agric. Sci.*, v.105, p.9-14, 1985.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Ed.). *The analyses of dietary fiber in food*. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

SWAIN, S.M.; ARMENTANO, L.E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2318-2331, 1994.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D. R. THIEX, E. N. *Forage analyses procedures*. Ohama, NE; National Forage Testing Association, 1993. 154p

VAN SOEST, P.J. *Nutrition ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. *Analysis of forage and fibrous feeds: a laboratory manual*. Ithaca, NY: Cornell University, 1985. 43p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. The use detergents in analyses of fibrous feeds: IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc Off. Anal. Chem.*,v.50, p.50-55, 1967.

VARGA, G. A., DANN, H. M., ISHLER, V. A. The use of fiber concentration for ration formulation. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3063-3074, 1998.

WEIDNER, S. J., GRANT, R. J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.522-532, 1994.

WEISS, W.P. Dietary fiber requirements of dairy cattle explored. *Feedsuffs*, v.65, n.46, p.14-17, 1993.

WOODFORD, S.T.; MURPHY, M.R. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J.Dairy Sci.*, v.71, p.674-686, 1988.

CAPÍTULO 11

CASCA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Flavia Cardoso Lacerda Lobato³, Frederico Osório Velasco⁴*

RESUMO

A casca de soja, coproduto das indústrias de processamento da soja, é fisicamente o envoltório do grão (pericarpo) separado do embrião no processamento industrial, devendo ser tostada a fim de destruir a atividade de uréase. A casca de soja é uma fonte de energia, e muitos pesquisadores a classificam como produto intermediário entre concentrado e volumoso, semelhante ao que ocorre à polpa cítrica e ao resíduo de cervejaria, desempenhando papel fisiológico de fibra vegetal e funcionando como um grão de cereal em termos de energia. Além de ser uma alternativa para redução de custos, a casca de soja pode substituir grãos de cereais na dieta de ruminantes, contribuindo para a elevada ingestão de energia e prevenindo alterações da função ruminal. Ela também pode, com sucesso, substituir forragens, como fonte de fibra, quando estas estão com baixa qualidade ou em pouca quantidade. Este capítulo fornecerá informações para a adequada utilização da casca de soja na dieta de vacas de leite.

INTRODUÇÃO

Os coprodutos de indústrias de transformação de alimentos estão sendo cada vez mais utilizados como uma alternativa economicamente viável para redução dos custos dos sistemas de produção de ruminantes.

Segundo Fadel (1999), o coproduto pode ser definido como aquele material que possui valor como alimento para animais, sendo obtido ao final da colheita de alguma cultura ou após o processamento agroindustrial de alguma *commodity* destinada à alimentação humana, podendo ser de origem animal ou vegetal.

A casca de soja, coproduto das indústrias de processamento da soja, é fisicamente o envoltório do grão (pericarpo) separado do embrião no processamento industrial, devendo ser tostada a fim de destruir a atividade de uréase (Tambara et al., 1995). Desta forma, a casca de soja é, em sua maior parte, composta de fibra que possui

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., em Zootecnia.

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

pouco valor para a alimentação humana e utilização industrial. Em contraste, esta se torna uma excelente opção para alimentação de ruminantes por ser composta de uma fibra de alta digestibilidade que pode chegar a 90% (Quicke et al., 1959).

De acordo com estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2009), a safra de soja 2008/09 totalizará 58,5 milhões de toneladas. Assumindo-se que a casca da soja compõe 5% do peso total da soja (Blasi et al., 2000), tem-se uma estimativa de produção de três milhões de toneladas. Assim, nas regiões produtoras de soja, normalmente há uma grande disponibilidade deste insumo a baixo custo.

Com o advento das exportações de farelo pelas indústrias, estas têm que cumprir leis internacionais sobre um teor mínimo de proteína bruta neste produto, o que tem proporcionado a retirada da casca, que antes era incorporada ao farelo. Isto tem levado à maior disponibilidade deste subproduto no mercado, que, somado a seus preços competitivos, resultou numa ascensão na sua utilização em dietas de ruminantes.

A casca de soja, além de ser uma alternativa para redução de custos, pode substituir grãos de cereais na dieta de ruminantes, contribuindo para a elevada ingestão de energia e prevenindo alterações da função ruminal. Ela também pode, com sucesso, substituir forragens, como fonte de fibra, quando estas estão com baixa qualidade ou em pouca quantidade (Ipharraguerre e Clark, 2003).

1. VALOR NUTRITIVO

Segundo o National Research Council - NRC (1984), a casca de soja apresenta 2,82 Mcal de energia digestível por kg de MS, sendo considerada uma fonte de energia. Muitos pesquisadores a classificam como produto intermediário entre concentrado e volumoso, semelhante ao que ocorre à polpa cítrica e ao resíduo de cervejaria, desempenhando papel fisiológico de fibra vegetal e funcionando como um grão de cereal em termos de energia.

O valor nutritivo da casca de soja para os ruminantes pode variar devido às diferenças nas composições químicas encontradas. Estas diferenças estão relacionadas a fatores como: falha no processamento, com a não separação completa da casca do endosperma; falta de um rigoroso programa de controle de qualidade durante a produção e manipulação; plantas com materiais genéticos diferentes; diferenças nos tratamentos culturais (fertilização nitrogenada, data de plantio); e condições ambientais durante crescimento da cultura (temperatura e disponibilidade de água). A composição química da casca de soja (CS) pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da casca de soja.

Nutriente (%)	Ipharraguerre e Clark (2003)		NRC (2001)	Valadares Filho et al. (2006)
	Mínimo	Máximo		
Proteína bruta	9,4	19,2	12,1	11,65
FDA	39,6	52,8	50	50,52
FDN	53,4	73,7	67	68,40
Celulose	29,0	51,2	46	51,42
Hemicelulose	15,1	19,7	-	19,54
Lignina	1,4	3,9	2	3,43
Extrato etéreo	0,8	4,4	2,1	1,60
Amido	0,0	9,4	-	6,50
NDT	-	-	77	68,77

PB – Proteína bruta; FDA – Fibra em detergente ácido; FDN – Fibra em detergente neutro; EE – Extrato etéreo.

Fonte: NRC (2001); Ipharraguerre e Clark (2003); Valadares Filho et al. (2006).

A CS tem função de proteção do endosperma, por isso apresenta elevados teores de fibra. De acordo com Valadares et al. (2006), a CS contém 68,40% de FDN e 50,52% de FDA com base na matéria seca. Já o NRC (2001) apresenta a CS com 60,3% e 44,6% de FDN e FDA, respectivamente. Essa variação parece estar diretamente relacionada à presença de farelo de soja nos produtos classificados como casca de soja. Anderson et al. (1988) encontraram valores de 73,7% de FDN e 50,8% de FDA para casca de soja limpa, sem presença de farelo de soja. Apesar de a CS apresentar alto conteúdo de fibra, a fração fibrosa é composta de grande quantidade de celulose (43%) e hemicelulose (17,8%) pouco lignificada. Os valores de lignina variaram de 1,4% a 3,9% (Tabela 1). Aliado a isso, a CS apresenta baixos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico, que são os principais monômeros envolvidos na ligação entre a lignina e a hemicelulose (Garleb et al., 1988). A CS apresenta também altos teores de ácido urônico ou pectina, 11,1 a 14,8%, que é uma fibra solúvel altamente digestível. Segundo Van Soest (1994), a pectina apresenta 98% de digestibilidade verdadeira.

Os valores de proteína bruta encontrados variaram de 9,4 a 19,2%, sendo em média 11,8. Estes valores parecem estar relacionados com a presença de farelo de soja, já que Anderson et al. (1988) encontraram valor de 9,4 para a casca de soja limpa. A CS é rica em lisina e glicina (0,72 e 1,16% na MS, respectivamente), quando comparada com o milho (0,24 e 0,55%, respectivamente) (Valadares et al., 2006). O teor de extrato etéreo variou de 0,8 a 4,4%. Esta variação parece estar relacionada com diferenças no processamento de extração do óleo de soja.

Quicke et al. (1959) mediram a digestibilidade *in vitro* da celulose e fibra bruta da CS e encontraram valores de 96 e 97%, respectivamente. Entretanto, quando se realizou a digestibilidade aparente em ovinos com CS como único alimento, os coeficientes de digestibilidade da celulose e fibra bruta foram 54 e 57%, respectivamente. Esse resultado sugere que a taxa de passagem da CS pelo rúmen é muito rápida para maximizar a digestão da fibra pelos microrganismos ruminais. Segundo Ipharraguerre e Clark (2003), a adição de forragem grosseira (fibra longa) em dietas com CS aumentou os tempos de retenção da CS e, em consequência, permitiu maior fermentação ruminal. Dessa forma, a composição da dieta parece afetar o valor

nutritivo da CS por modificar a consistência do *mat* ruminal, que, por sua vez, influencia o tempo de retenção ruminal.

A CS normalmente é moída, peletizada, ou moída e peletizada, para aumentar a densidade e reduzir os custos de transporte. O efeito desses métodos de processamento físico na digestão e no valor nutritivo da CS de soja para carneiros e bovinos foi avaliado por Anderson et al. (1988). Foram utilizadas três formas físicas diferentes: CS moída (a 1,5mm), CS peletizada e CS sem processamento. Foi observado que a moagem diminuiu a digestibilidade da FDN (56%) quando comparada com a CS peletizada (61%) e com a CS sem processamento (62%), as quais apresentaram digestibilidades semelhantes. Entretanto, esta redução na digestibilidade não foi observada quando a CS foi moída a 3,2 e 4,8mm. Quando novilhos foram suplementados com 1,05Kg por dia de CS moída ou peletizada, não foi observada diferença no ganho de peso. Porém, quando estes foram alimentados com 2,1Kg por dia de ração contendo CS moída, o resultado foi menores ganhos de peso (0,105Kg) em comparação com a ração contendo CS peletizada (0,120Kg). Essa redução pode ser explicada pelo menor tempo de retenção ruminal causado por maior taxa de passagem quando se aumentou a ingestão de MS. A taxa de digestibilidade da FDN *in situ* encontrada foi de 7,5%/h para o tratamento com a casca de soja moída, não diferindo dos valores encontrados para os outros tratamentos. De acordo com Ipharraguerre e Clark (2003), experimentos *in situ* demonstraram que a fração FDN da casca de soja foi fermentada a uma taxa média de 5,6%/h e que o desaparecimento dessa fração após 96 horas de incubação foi de 90%.

Nakamura e Owen (1989) determinaram a taxa fracional de passagem (h^{-1}) da casca de soja em vacas em lactação consumindo dietas contendo silagem de alfafa e concentrado (razão de 50:50 na MS) na qual a casca de soja substituiu o milho para fornecer 25 e 48% da MS da dieta. Foi relatada uma taxa de passagem 8% superior para o tratamento com 48% frente ao tratamento com 25% de casca de soja (0,093/h e 0,10/h, respectivamente). Anderson et al. (1988) encontraram que a taxa de passagem pelo rúmen foi superior para a casca de soja moída (4,5%/h) comparada à casca inteira (2,8%/h). A relativa elevada taxa de passagem da casca de soja pode ser explicada pelo seu tamanho de partícula pequeno, gravidade específica elevada (após hidratação) e características da sua fração fibrosa. De uma maneira geral, a inclusão de casca de soja não limita a digestibilidade aparente da dieta no trato gastrointestinal total de ruminantes.

Fahey e Berger (1993) citam que o principal fator que afeta a digestão dos carboidratos estruturais é a adição de carboidratos solúveis obtidos em alimentos concentrados, que provocam alterações no meio ambiente do trato digestivo e na cinética do processo digestivo, como taxa de digestão, taxa de passagem das partículas, pH ruminal e natureza da população microbiana. A CS, quando substitui grão de cereais, reduz os teores de amido da dieta, resultando em um melhor ambiente de rúmen. Assim, o pH se mantém em níveis mais elevados, criando um ambiente favorável às bactérias celulolíticas, o que leva a uma melhor digestibilidade da forragem.

De acordo com Ipharraguerre et al. (2002b), comparando com a dieta-controle, o aumento médio observado na digestibilidade da FDN do trato digestivo total para dietas com casca de soja em substituição ao milho moído foi de 11%, próximo dos 14% estimados por Firkins (1997). Este efeito é mais evidente em dietas com 45% ou mais de carboidratos não fibrosos.

2. UTILIZAÇÃO DA CASCA DE SOJA

Anderson et al. (1988) constataram que a CS foi igual ao milho em energia para sustentar o crescimento de bezerros. O estudo da digestão mostrou maior digestibilidade da MS para a dieta de forragem suplementada com milho em comparação com a suplementada com CS, entretanto a suplementação com milho deprimiu, mais rápido e em maior extensão, o pH do rúmen que a dieta suplementada com CS. O pH do rúmen dos novilhos suplementados com CS (25 e 50% da MS da dieta) foi sempre superior a 6, já o pH do rúmen dos novilhos suplementados com milho (25 e 50% da MS da dieta) foi inferior a 6. Esses resultados sugerem que o milho é mais digestível que a CS, no entanto, devido ao efeito associativo negativo sobre a forragem da dieta, causado por um ambiente ruminal desfavorável, os valores de energia líquida aparente da CS e do milho nesta situação foram semelhantes.

Ezequiel et al. (2006) testaram a substituição parcial (70%) do milho moído pela CS em dietas contendo farelo de girassol, ureia e silagem de milho para novilhos. Os níveis de CS na MS total da dieta foram de 20%. Os consumos de MS (10,78 e 9,73Kg/dia), PB (1,40 e 1,22Kg/dia) e FDN (3,41 e 3,89Kg/dia) não foram influenciados pelas dietas com milho moído e casca de soja, respectivamente. O ganho de peso também não foi influenciado, apresentando valores de 1,35 e 1,29Kg/dia para as dietas de milho moído e casca de soja, respectivamente. Este experimento permitiu concluir que a substituição parcial de milho moído por 70% de CS em dietas de novilhos não afetava o desempenho.

Restle et al. (2004), trabalhando com novilhos, testaram cinco níveis de substituição do grão de sorgo pela casca de soja (0, 25, 50, 75, 100%). Neste estudo, foram observados um aumento no ganho de peso com a inclusão de CS e uma redução na conversão alimentar. Esta melhor eficiência alimentar com a inclusão da CS pode ser explicada pela melhora no ambiente do rúmen, levando a um melhor aproveitamento da fibra, principalmente do volumoso que contribuiu com 60% da matéria seca da dieta. O maior nível de substituição testado (100%) correspondeu a 33% de CS na MS da dieta total. Já Fisher e Muhlbach (1999) avaliaram a substituição do grão de milho pela casca de soja nos níveis de 0, 25, 50 e 75% em dietas de novilhas, sem raça definida, alimentadas com silagem de milho, e observaram que a substituição de até 75% (30% na MS da dieta) não afetou o ganho de peso (1,17kg/dia) e a conversão alimentar (7,74kg MS ingerida/kg de ganho).

Ipharraguerre et al. (2002a) estudaram o desempenho de vacas no terço médio de lactação, recebendo diferentes níveis de CS (0, 10, 20, 30 e 40% na MS da dieta) em

substituição ao milho no concentrado. As dietas eram compostas de 23% de silagem de alfafa, 23% de silagem de milho e 54% de concentrado com base na MS. Não houve diferença significativa para o consumo de MS. Com o aumento dos níveis de CS na dieta, houve um aumento do consumo de FDN e FDA, relacionado à maior concentração destes na dieta. A produção de leite (29,3Kg/dia) não variou para os tratamentos 0, 10, 20 e 30% de CS e apresentou uma tendência de produzir menos 1,2Kg/dia de leite para o tratamento com 40% de CS, quando comparado com o controle. A adição de CS aumentou a porcentagem de gordura do leite e sólidos totais. Os resultados deste experimento sugerem que a CS pode suprir até 30% da MS da dieta de vacas no terço médio da lactação sem deprimir a produção.

Em experimento idêntico ao anterior, porém avaliando vacas no início e não no terço médio de lactação, Ipharraguerre et al. (2002b) não observaram diferenças em relação ao consumo de matéria seca e matéria orgânica, bem como para digestibilidade aparente da matéria orgânica no trato total (em torno de 25% no rúmen e 63% pós-ruminal). As produções de leite e leite corrigido para 3,5% de gordura também não foram afetadas, porém, assim como no experimento anterior, houve uma diminuição numérica na produção de leite (-1,3kg de leite por vaca por dia) no tratamento em que 40% de casca de soja foram adicionados à MS da dieta. Já Pedroso et al. (2007) testaram a substituição do milho moído (MM) por CS na dieta de vacas no terço médio de lactação, tendo como volumosos silagem de milho (30% na MS da dieta) e feno de *coastcross* (10% na MS da dieta). Foram avaliadas três dietas: 0% CS e 20% MM, 10% CS e 10% MM, e 20% CS e 0% MM com base na MS total da dieta. A substituição do MM por CS de soja não alterou a produção de leite (em média 28,33Kg/vaca/dia), o consumo de MS e a composição do leite. Assis et al. (2004) avaliaram níveis crescentes de casca de soja (0, 33, 67 e 100%), em substituição ao fubá de milho no concentrado de vacas leiteiras com produção média de 30kg de leite por dia. Os animais avaliados foram divididos em três lotes de acordo com o período de lactação e, ao final do experimento, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) para consumo de matéria seca, produção e composição do leite. Para todos os tratamentos, não foram verificadas diferenças com relação à variação de peso corporal, mostrando que as dietas supriram a alta produção de leite sem prejudicar o restabelecimento da condição corporal dos animais. De acordo com os autores, a casca de soja serve como um bom substituto do fubá de milho, sem prejuízo ao desempenho produtivo de vacas leiteiras de alta produção. Oliveira et al. (2007) também trabalharam com vacas em terço médio de lactação, com média de 20Kg de leite/dia, com dieta à base de cana-de-açúcar (40% na MS) e concentrado (60% na MS da dieta). Não foi observada diferença na produção de leite e no teor de gordura quando se substituiu parcialmente o milho do concentrado por 50% de CS com base na matéria seca. Neste experimento, o nível de CS na MS da dieta foi de 20%. Foi concluído que a cana-de-açúcar pode sustentar produções de 20Kg/dia em vacas no terço médio de lactação, desde que a participação do concentrado seja de 60%, e que a substituição de 50% do milho por CS pode ser realizada de acordo com a disponibilidade e conveniência econômica.

Miron et al. (2004) avaliaram a *performance* de vacas alimentadas com péletes (36% da MS da dieta) formados por 50% de cevada ou 50% de CS. Ambos os grupos

receberam uma mistura básica com 17% de FDN proveniente de forragem. A inclusão de CS em substituição à cevada em dietas de vacas de alta produção aumentou a ingestão e a digestibilidade da FDN. A produção de leite não se alterou (40kg/dia), mas o percentual de gordura do leite aumentou. Esse aumento no teor de gordura do leite foi explicado por um aumento na digestibilidade da fibra e uma melhora no ambiente ruminal, favorecendo microrganismos celulolíticos. Por outro lado, na dieta com CS ocorreu uma redução da proteína do leite, sendo creditada essa redução a um menor aporte de carboidratos não fibrosos ao rúmen, o que levou a uma menor produção de proteína microbiana.

Quando mais de 30% da MS da dieta suprida pelo milho é substituída pela casca de soja, diferenças na fonte de energia, quantidades de fibra e carboidratos não estruturais digeridos e ainda no sítio de digestão podem causar uma redução na fonte e/ou quantidade de energia requerida para produção máxima de leite para vacas leiteiras de alta produção (Ipharraguerre e Clark, 2003).

Diversos trabalhos têm demonstrado não haver alteração no consumo de MS quando o milho é substituído pela CS em níveis de 15 a 48% de MS total da dieta (Ipharraguerre e Clark, 2003). Essas observações evidenciam que a utilização do teor de FDN como preditor único do consumo de MS parece ser inadequada. Fatores como o conteúdo de lignina, a composição dos carboidratos estruturais, a taxa e a extensão da digestão da parede celular, o tamanho e a densidade de partículas devem ser considerados para a avaliação do consumo de MS, principalmente quando se utilizam diferentes fontes de FDN (Mertens, 1997).

De acordo com Ipharraguerre e Clark (2003), a CS tem uma proporção de FDN potencialmente degradável maior e pode ser degradada em uma taxa maior que a maioria das forragens. Além disso, a CS tem pequeno tamanho de partícula e alto peso específico que, comparado às forragens, poderia dobrar a taxa de passagem pelo rúmen. Assim, a FDN da CS não afeta a ingestão de MS na mesma proporção que a FDN das forragens devido a sua cinética de digestão e características físicas.

A CS também tem sido utilizada para substituir forragens quando esta ela em falta, em má qualidade ou quando se tem necessidade de aumentar a energia da dieta sem a inclusão de amido. Halachmi et al. (2004) realizaram um experimento com substituição da silagem de milho por CS (16,5% da MS total da dieta) sob condições de clima quente. Não foi observada diferença na ingestão de MS. Entretanto, devido aos maiores teores de FDN da dieta com CS, houve um maior consumo de FDN desta dieta. Foi observado um aumento na produção de leite, 38,5 e 36,3Kg/dia para a dieta com CS e silagem de milho, respectivamente. Também foi observado um aumento na produção total de gordura e proteína para a dieta com CS. Nesse experimento, a dieta-controle tinha 50% da FDN total proveniente das forragens, já a dieta com CS teve 31% da FDN total proveniente das forragens. As dietas controle e com CS apresentaram 35,9 e 38,9% de FDN, respectivamente.

Stone (1996), citado por Ipharraguerre e Clark (2003), substituiu 14% da dieta, fornecida como silagem de alfafa, por CS na dieta-controle que continha 52% de

forragem (silagem de alfafa e silagem de milho em proporções iguais). Ocorreu um aumento de ingestão de MS (20,7 e 23,9Kg/dia) e produção de leite (40,7 e 45,9Kg/dia) com a substituição da silagem de alfafa por CS. Os teores de gordura do leite não foram alterados. O FDN proveniente das forragens passou de 71 para 47% em relação ao FDN total de dieta.

Já Weidner e Grant (1994) não encontraram diferença na produção de vacas quando se substituiu o volumoso (silagem de milho e alfafa em proporções iguais) por CS em 15% da MS na dieta. A dieta-controle era composta de 60% de forragem. A FDN proveniente das forragens em relação à FDN total passou de 86% na dieta-controle para 60% na dieta com CS.

Cunningham et al. (1993) testaram a substituição de 11 e 22% da MS da dieta fornecida como silagem de milho por CS, em vacas multíparas com média de 37Kg/dia de leite. A dieta-controle continha 50% de forragem (10% silagem de alfafa e 40% de silagem de milho). A FDN fornecida pela forragem em relação à FDN total da dieta diminuiu de 76% na dieta-controle para 58 e 40% nas dietas com 11 e 22% de CS, respectivamente. Nesse estudo, quando a CS aumentou na dieta (de 11 para 22%), a ingestão de MS reduziu linearmente, entretanto não houve diferença na produção de leite e na porcentagem de gordura do leite.

Com a substituição da forragem pela CS, ocorre uma redução da efetividade física da dieta (medida pelo estímulo à mastigação). No entanto, a CS apresenta uma efetividade química que pode prevenir uma depressão da gordura do leite. A CS pode substituir a forragem quando o suprimento de fibra efetiva (FDNe), que inclui a efetividade física e química da dieta, se mantiver adequado após a inclusão da CS. Nos casos em que a forragem constitui 50% ou menos da MS da dieta total ou tiver partículas pequenas, a substituição por CS pode deprimir a produção de leite em consequência de um inadequado suprimento de fibra efetiva. Por outro lado, quando a forragem representa 50% ou mais da MS total da dieta e tem tamanho de partícula que garanta adequada efetividade física, a substituição de forragem por CS pode não afetar ou até aumentar a produção de leite (Ipharraguerre e Clark, 2003).

Ipharraguerre e Clark (2003) sumarizaram dados de diversos experimentos que avaliaram a inclusão de casca de soja em dietas de bovinos leiteiros. Por meio de equações de regressão múltiplas, estes autores concluíram que: 1) a inclusão de casca de soja em quantidades superiores a 30% da matéria seca em dietas com altas concentrações de grãos pode levar a uma diminuição na fibra fisicamente efetiva, elevando as concentrações de ácidos no rúmen e ocasionando uma diminuição na ingestão de matéria seca (IMS) destes animais; 2) substituições de milho grão por casca de soja em quantidades superiores a 25% da MS da dieta podem prejudicar a produção de proteína do leite, devido a uma menor ingestão de carboidratos não estruturais; 3) a substituição de volumosos por casca de soja só é conveniente quando a dieta é composta por 50% ou mais de forragens e estas apresentam um tamanho de partícula que garanta efetividade física, do contrário, a inclusão deste subproduto resulta em diminuições no desempenho de vacas de leite.

3. LIMITAÇÕES DE USO

A limitação na inclusão da casca de soja em dietas de bovinos leiteiros está em função da diminuição nos níveis de energia da dieta total, quando este alimento substitui grãos de cereais no concentrado, e na menor capacidade de estimular a ruminação e a salivação, quando substitui alimentos volumosos. Ambos os parâmetros restringem o desenvolvimento de um potencial máximo de produção animal. Desta forma, os limites de inclusão na dieta devem ser respeitados, e a análise química realizada previamente, para um adequado balanceamento da dieta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A CS apresenta bom valor nutritivo para ruminantes por apresentar alta digestibilidade da fibra.

A CS, quando substitui grãos de cereais na dieta, pode manter os níveis de produção animal por melhorar a digestibilidade da fibra da forragem.

A CS pode substituir grãos de cereais em níveis de até 30% da MS da dieta, quando realizada uma adequada suplementação volumosa.

A CS pode substituir forragens em até 22% da MS total da dieta. Níveis maiores podem ser utilizados, desde que se tenha adequado suprimento de fibra efetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, S.J.; MERILL, J.K.; MCDONNELL, M.L. et al. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.2965-2976, 1988.

ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, A.S. et al. Casca de soja em dietas de vacas leiteiras. I. Consumo, variação de peso, produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande, SBZ, 2004.CD-ROM.

BLASI, D.A.; DROUILLARD, J.S.; TITGEMEYER, E.C. et al. Soybean hulls. Composition and feeding value for beef and dairy cattle. Manhattan, KS: Kansas State University, 2000. (MF-2438).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira 2008/09. Quarto levantamento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_08.09.pdf. Acessado em: abr. 2009.

CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; and JOHNSON, T.R. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3523-3535, 1993.

EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C.; GALATI, R.L. et al. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.569-575, 2006.

FADEL, J.G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.255-268, 1999.

FAHEY Jr, G.C.; BERGER, L.L. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1993. p.305-337.

FIRKINS, J.L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1426-1437, 1997.

FISHER, V.; MUHLBACH, P.R.F. Substituição do grão de milho por casca de soja no desempenho de novilhas de corte confinadas. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, v.5, p.143-148, 1999.

GARLEB, K.A.; FAHEY JUNIOR. G.C.; LEWIS S.M. et al. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-product feedstuffs fed to ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.2650-2662, 1988.

HALACHMI, I.; MALTZ, E.; LIVSHIN, N. et al. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows Under Hot Weather Conditions. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2230-2238, 2004.

IPHARREGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Review: Soyhulls for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1052-1073, 2003.

IPHARRAGUERRE, I.R.; IPHARRAGUERRE R.R.; CLARK, J.H. Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2905-2912, 2002a.

IPHARRAGUERRE, I.R.; SHABI, Z.; CLARK, J.H. et al. Ruminant fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2890-2904, 2002b.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1463-1481, 1997.

MIRON, J.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A. et al. Lactation performance and feeding behavior of dairy cows supplemented via automatic feeders with soy hulls or barley based pellets. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.3808-3815, 2004.

NAKAMURA, T.; OWEN, F.G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of beef cattle*. Washington, DC: National Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.1172-1182, 2007.

PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M. et al. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.1651-1657, 2007.

QUICKE, G.V.; BENTLEY, O.G.; SCOTT, H.W. et al. Digestibility of soybean hulls and flakes and the in vitro digestibility of the cellulose in various milling byproducts. *J. Dairy Sci.*, v.42, p.185-186, 1959.

RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.1009-1015, 2004.

STONE, W.C. *Applied topics in dairy cattle nutrition*. 1. Soyhulls as either forage or concentrate replacement. 1996. Thesis (PhD) - Cornell University, Ithaca, NY.

TAMBARA, A.A.C.; OLIVO, C.J.; PIRES, M.B.G. et al. Avaliação *in vivo* da digestibilidade da casca do grão de soja moída em ovinos. *Ciênc. Rural*, v.25, p.283-287, 1995.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.513-521, 1994.

CAPÍTULO 12

UREIA E AMÔNIA EM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA RUMINANTES

*Wilson Gonçalves Faria Jr.¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Cristiano Gonzaga Jayme³, Alex de Matos Teixeira⁴*

RESUMO

O aproveitamento de palhas e resíduos de cultura ou fenos de baixa qualidade por ruminantes pode ser potencializado com a amonização desses materiais com o uso de ureia ou amônia anidra. Neste capítulo, será abordado o efeito do tratamento com ureia ou amônia nos resíduos de culturas e da indústria sobre a composição química, e a digestibilidade, bem como os reflexos sobre o desempenho animal. As técnicas de tratamento, segurança e as recomendações de uso serão abordadas no decorrer do texto.

INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais do Brasil, a produção estacional de forragem é um fato concreto que tem causado enormes prejuízos à pecuária nacional, pois a maioria dos produtores não se prepara para suplementar os rebanhos no período de escassez de forragem de boa qualidade. Entre as opções existentes no momento, o aproveitamento de restos de culturas e subprodutos da agroindústria tem se mostrado interessante e viável na alimentação de animais de menores exigências (Cândido et al., 1999).

O aproveitamento de resíduos de culturas anuais de verão e de inverno, de fenos provenientes de plantas colhidas no estágio de desenvolvimento avançado, ou mesmo daqueles que sofreram perdas de qualidade a campo, além do uso da forragem resultante da colheita de sementes de gramíneas forrageiras, constitui uma alternativa que pode atenuar a escassez de alimento durante a época de seca e melhorar a eficiência da exploração pecuária (Reis e Rodrigues, 1993).

O uso crescente de palhas e de outros resíduos acompanha o aumento de preço de alimentos de melhor qualidade. São essencialmente alimentos energéticos, ricos em fibra contendo pouca proteína e minerais. Assim, sua produção energética como alimento para gado é baixa. A digestibilidade da energia contida nas palhas e nos resíduos é de apenas 40-50%. O consumo voluntário é baixo, de forma que o

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. wilsonvet2002@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., Escola Agrotécnica Federal de Machado. cgjayme@gmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

consumo de energia digestível do gado em dietas de palhadas usualmente não é maior do que 100kcal/UTM (unidade de tamanho metabólico) por dia, o que é suficiente apenas para manutenção (Jackson, 1977).

As informações de Reis e Rodrigues (1993) ressaltam a baixa qualidade desses volumosos, pois apresentam alto conteúdo de parede celular (valores acima de 60,0%) e de fibra em detergente ácido (FDA, acima de 40,0%) e baixos teores de proteína bruta (PB, abaixo de 6,0%), de minerais e de vitaminas. Os autores consideram que esses alimentos podem ser utilizados eficientemente na nutrição de ruminantes, desde que suplementados com fontes proteico-energéticas, além de minerais e vitaminas. Todavia, muitas vezes, não são economicamente compensadores em função dos custos.

A eficiência de aproveitamento desses volumosos pode também ser aumentada por meio de tratamentos biológicos, físicos e químicos. Inúmeros métodos químicos têm sido avaliados, visando à melhoria do valor nutritivo de volumosos de baixa qualidade (Reis e Rodrigues, 1993).

A amonização de forragens utilizando a amônia anidra, amônia líquida ou ureia tem sido uma das alternativas em razão de ser de fácil aplicação, não poluir o ambiente, fornecer nitrogênio não proteico, provocar decréscimo no conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), favorecer a solubilização parcial das hemiceluloses, aumentar o consumo e a digestibilidade, além de conservar as forragens com alto teor de umidade (Rosa e Fadel, 2001).

1. ASPECTOS QUÍMICOS DA COMPOSIÇÃO DA FIBRA

A matéria seca das forragens é composta de duas frações: os conteúdos celulares, que incluem as substâncias solúveis em água e a maioria dos lipídios e das proteínas, com digestibilidade próxima a 100%; e a parede celular, que contém quase a totalidade da celulose, hemiceluloses e ligninas encontrada no vegetal. A parede celular representa a fibra das forragens (Duarte, 1991), e sua utilização depende da digestão microbiana. Aspectos relativos à química da parede celular e à anatomia vegetal influenciam na digestibilidade das forragens pelos microrganismos ruminais (Akin, 1988).

A parede celular é composta por duas estruturas: a parede primária ou mais externa, que contém algumas microfibrilas desordenadas de celulose e, principalmente, pectina; e a parede secundária, composta de três subcamadas de celulose e hemiceluloses (Duarte, 1991). A lignificação inicia-se na parede primária, estendendo-se dentro da parede secundária. O espaço intercelular contém, na maior parte, compostos não glicosídicos (ligninas, cutinas, suberina, ceras, minerais etc.).

As ligninas interferem na digestibilidade dos carboidratos por diversos mecanismos, dentre os quais a incrustação e a formação de complexos ligno-polissacarídeos. A

composição química das ligninas parece ser mais importante do que a quantidade na digestibilidade dos carboidratos (Akin, 1988; Horn et al., 1989). Os ácidos p-cumárico e ferrúlico foram correlacionados negativamente com a digestibilidade das forragens (Chaves et al., 1982). Segundo Akin (1988), isso pode ser explicado pela formação de ligações tipo éter entre carboidratos e ácido p-cumárico, ou pelos efeitos tóxicos desse ácido na microflora do rúmen de forma generalizada. As ligninas das leguminosas contêm menores concentrações de compostos fenólicos álcali-lábeis do que as gramíneas. No entanto, nas gramíneas, com o aumento da maturidade fisiológica, verifica-se maior deposição de compostos fenólicos que nas leguminosas (Duarte, 1991).

2. QUALIDADE NUTRICIONAL DE PALHAS E RESÍDUOS

A composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) de palhas de diferentes vegetais apresentam diferenças que, segundo While et al. (1988), podem ser devido a fatores genéticos e ambientais, influenciando o crescimento de plantas e, em parte, as diferenças nas proporções dos componentes morfológicos de plantas, tais como razões folha e caule na palha. De fato, esses autores observaram diferenças nos conteúdos de matéria seca (MS), FDN, PB, sílica e de degradabilidade entre as variedades e os componentes morfológicos das palhas.

Prates e Lebouté (1980) realizaram um trabalho para determinar o valor nutritivo de alguns resíduos de cultivos e de indústrias comumente disponíveis. Para tanto, foram determinados a composição química (Tabela 1), o consumo voluntário e a digestibilidade utilizando-se ovinos (Tabela 2). Observa-se, de uma maneira geral, que os coeficientes de digestibilidade são muito baixos, o que era de se esperar, pois sabe-se que o avanço no estágio de crescimento das plantas produz um decréscimo da digestibilidade de todos os constituintes. Os baixos valores de digestibilidade de proteína são funções dos baixos valores de proteína bruta no material utilizado. Os dados de composição e os coeficientes de digestibilidade baixos observados pelos autores indicam a baixa qualidade dos resíduos estudados, situando-se o bagaço de cana como pior. Como consequência, qualquer um desses volumosos, oferecido como único alimento aos ruminantes, não poderia fornecer os nutrientes necessários, a menos que a capacidade de consumo desses volumosos fosse ilimitada.

Sob o ponto de vista de composição química, os resíduos de culturas ou da indústria apresentam baixos teores de proteína bruta e altos teores de parede celular, salientando-se o bagaço de cana-de-açúcar, por essas características, entre todos os outros. Os valores de energia bruta são pouco variáveis, exceto a palha de arroz, que apresentou menor valor em consequência do alto teor de sílica.

Os dados de composição em nutrientes brutos dos resíduos indicam que, em geral, são de baixa qualidade nutritiva, como observado na Tabela 3. Bonjardim et al. (1992) observaram, para o feno de capim-estrela sem tratamento, valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 38,33%.

Tabela 1. Composição química dos resíduos de cultivos e de indústrias.

Resíduos de cultura	Matéria seca	Expresso como % de matéria seca			
		MO ¹ (%)	PB ² (%)	EB ³ (Kcal/g)	PC ⁴ (%)
Palha de arroz	86,39	80,09	5,03	3,77	83,38
Palha de trigo	88,54	82,11	3,93	4,37	84,57
Palha de soja	86,72	94,78	8,75	4,36	73,62
Palha capim-de-rodos	91,47	94,17	5,33	4,21	80,16
Bagaço de cana	94,68	98,33	1,28	4,26	86,27

¹Matéria Orgânica; ²Proteína Bruta; ³Energia Bruta; ⁴Parede celular.

Fonte: Adaptado de Prates e Leboute, 1980.

Tabela 2. Digestibilidade e consumo voluntário em ovinos dos resíduos de cultivo e da indústria.

	Palhas de					
	arroz	trigo	soja	capim lanudo	capim rodos	bagaço de cana
Coeficiente de digestibilidade (%)						
MS ¹	47,2 ± 3,6	43,1 ± 3,2	43,0 ± 2,2	41,3 ± 1,6	39,0 ± 3,4	25,5 ± 6,3
MO ²	56,9 ± 1,1	43,0 ± 4,9	44,2 ± 2,2	43,1 ± 1,3	41,6 ± 3,4	30,9 ± 4,3
Nitrogênio	39,6 ± 4,1	13,9 ± 3,4	57,9 ± 1,2	35,7 ± 3,4	10,9 ± 5,3	0,0
Energia	54,1 ± 2,8	42,8 ± 2,7	45,7 ± 2,1	41,4 ± 2,0	38,7 ± 2,3	23,2 ± 5,3
Consumo voluntário máximo						
g MS/UTM ⁵	43,1 ± 5,6	42,5 ± 4,8	37,2 ± 4,5	29,9 ± 5,3	28,3 ± 2,8	8,5 ± 1,2
g PD ³ /UTM	0,9 ± 0,1	0,2 ± 0,08	1,9 ± 0,2	0,7 ± 0,09	0,2 ± 0,08	0,0
kcal ED ⁴ /UTM	87,8 ± 10,9	79,3 ± 10,2	73,9 ± 7,3	55,8 ± 9,8	45,8 ± 5,4	8,5 ± 3,0

¹Matéria Seca; ²Matéria Orgânica; ³Proteína Digestível; ⁴Energia Digestível; ⁵Unidade de Peso Metabólico.

Fonte: Adaptado de Prates e Leboute, 1980.

Tabela 3. Composição química e digestibilidade de palhas de milho, arroz e trigo revisados na literatura.

Resíduo	MS ¹	MO ²	PB ²	FDN ²	FDA ²	HEM ²	CEL ²	LIG ²	DIG ²	Autores
Palha de milho	91,1	98,8	3,4	82,3	48,4	30,2	47,8	10,9	-	Guimarães et al., 1991
Palha de arroz	-	-	7,61	76,7	-	22,1	35,2	9,2	34,5	Ferreira et al., 1990a, b
Palha de trigo	-	-	4,30	79,1	53,8	25,0	44,9	8,6	35,9	Queiroz et al., 1992b
Palha de trigo	-	-	3,2	87,3	54,7	32,6	49,2	5,0	-	Queiroz et al., 1992a
Palha de trigo	-	-	2,72	82,4	55,5	26,9	44,7	7,10	-	Das et al., 1993
Palha de trigo	-	-	-	83,8	60,4	23,3	47,1	-	-	Singh e Makkar, 1992

¹%; ²(%MS); MS - Matéria Seca; MO - Matéria Orgânica; PB - Proteína Bruta; FDN - Fibra Detergente Neutro; FDA - Fibra Detergente Ácido; HEM - Hemiceluloses; CEL - Celuloses; LIG - Ligninas; DIG - Digestibilidade *in vitro* da MS.

Observando-se a Tabela 4, fica claro que nenhum dos resíduos fornecidos como alimento único permitirá ao animal atingir consumo suficiente de matéria seca, proteína ou energia digestível para sua manutenção. Tal fato indica a necessidade de aplicação de práticas que melhorem o aproveitamento e a digestibilidade desses alimentos com o objetivo de aumentar o consumo e propiciar a utilização desses materiais de forma mais eficiente. Contudo, o estudo realizado por Silva e Guedes (1990) confirmou a grande variação que pode existir na composição química e digestibilidade de palhas em função de fatores como cultivar e ambiente. Os dados obtidos pelos autores indicam que a seleção de materiais pode ser feita no sentido de melhorar a qualidade das palhadas sem prejuízo na produção de grãos.

Tabela 4. Comparação entre os consumos de matéria seca, proteína digestível e energia digestível dos resíduos estudados e as exigências para manutenção de um novilho de 300kg de peso vivo.

	Consumo total		
	MS ¹ (Kg/dia)	PD ² (g/dia)	ED (kcal/dia)
Exigências (300kg)*	4,50	190	11.340
Palha de arroz	3,11	62	6331
Palha de trigo	3,06	17	5714
Palha de soja	2,68	135	5339
Palha de capim-lanudo	2,11	48	4021
Palha de capim-de-rodas	2,04	11	3303
Bagaço de cana	0,61	0	615

¹Matéria Seca; ²Proteína Digestível; ³Energia Digestível.

Fonte: Adaptado de Prates e Lebouté, 1980.

3. AMONIZAÇÃO

A amonização pode promover alterações acentuadas na composição química das frações nitrogenada e fibrosa das forrageiras. Tais alterações podem aumentar a digestibilidade e o consumo desses alimentos e, assim, o desempenho dos animais. De acordo com Reis et al. (1993), os efeitos da amonização estão relacionados com a solubilização de hemiceluloses e com o aumento nos teores de nitrogênio total, resultando em elevação de digestibilidade *in vitro*, *in vivo* e *in situ* da matéria seca.

O produto químico a ser utilizado na amonização de volumosos deve apresentar as seguintes características desejáveis: ser de fácil disponibilidade no mercado, ter baixo custo para aquisição e aplicação, não ser tóxico aos animais, preferencialmente ser um nutriente para o animal. Outros aspectos importantes correspondem ao efeito corrosivo das substâncias e ao risco de contaminação do solo e cursos d'água, e não deveriam ser de manuseio perigoso, mas sim apresentar reação rápida com o volumoso. Contudo, Reis e Rodrigues (1995) ressaltam que nenhum dos produtos químicos utilizados atualmente, no tratamento de volumosos de baixa qualidade, atende a todas essas especificações enumeradas.

3.1. Reações químicas

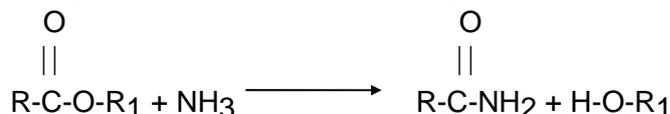
Durante o tratamento, parte da lignina e da sílica pode ser dissolvida, e as ligações intermoleculares do tipo éster, entre o ácido urônico das hemiceluloses e da celulose, são também rompidas, o que potencializa o ataque das frações fibrosas pelos microrganismos ruminais, melhorando a digestibilidade e o consumo das palhas (Van Soest, 1994). Dessa forma, alguns sistemas de tratamento químico estão sendo pesquisados na Europa e nos Estados Unidos, destacando-se o uso de amônia anidra (NH₃), de hidróxido de amônio (NH₄OH) e de ureia (Reis e Rodrigues, 1993).

3.1.1. Amônia anidra

A amônia anidra é um composto químico que apresenta características próximas às da água, ou seja, pode ser usada como solvente. Em estado gasoso, possui odor picante e fortemente penetrante; é incolor, e não apresenta sensibilidade à luz. Segundo os dados relatados no Manual de amônia, publicado pelo Instituto Brasileiro do Petróleo, Comitê de Amônia (1977), citado por Reis e Rodrigues (1993), a NH₃ possui 82% de nitrogênio, o que equivale a 512,5% de proteína bruta, e apresenta as seguintes características: peso molecular igual a 17,03g/g mol, ponto de ebulição a 760mm Hg igual a 33,35°C, ponto de solidificação a 760mm HG igual a 77,70°C e temperatura de autoignição igual a 850°C. A amônia anidra apresenta corrosividade a materiais constituídos pelos seguintes elementos químicos: cobre, zinco, prata e suas ligas. A ação da amônia anidra sobre a fração fibrosa de volumosos pode ser explicada, por meio das seguintes reações químicas:

1ª Reação - Amoniólise:

A principal reação que ocorre entre a fração fibrosa e a NH₃ é a amoniólise das ligações do tipo éster, existente entre as cadeias de hemicelulose e os grupos de carboidratos estruturais ou entre moléculas de carboidratos estruturais e a lignina, resultando na formação de amidas (Reis e Rodrigues, 1993).



R Carboidrato estrutural;

R₁ Carboidrato estrutural, ou átomo de hidrogênio, ou unidade fenilpropano de lignina.

2ª Reação - Formação do hidróxido de amônio:

A alta afinidade entre a NH₃ e a água existente nos volumosos resulta na produção de hidróxido de amônio (NH₄OH), que é uma base fraca (Reis e Rodrigues, 1993).



3ª Reação - Hidrólise alcalina:

A partir do hidróxido de amônio, pode ocorrer a hidrólise alcalina das ligações tipo éster existentes nos volumosos (Reis e Rodrigues, 1993).



R Carboidrato estrutural;

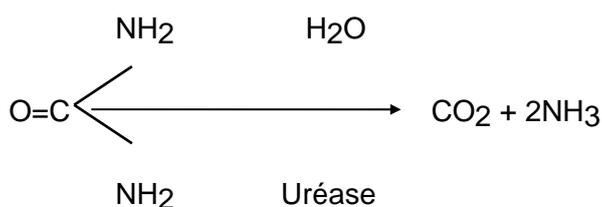
R₁ Carboidrato estrutural, ou átomo de hidrogênio ou unidade fenilpropano de lignina.

É importante considerar que, em função do baixo conteúdo de umidade dos volumosos a serem tratados (fenos, resíduos de cultura, forrageira após o florescimento), a hidrólise alcalina tem menor participação no processo de “amonização”, quando se usa NH₃. Todavia, o pH da forragem tratada com NH₃ tende a se elevar em função da formação de NH₄OH.

3.1.2. Ureia e hidróxido de amônio

A adoção de sistemas de tratamentos químicos de volumosos requer a avaliação criteriosa de aspectos referentes à relação custo-benefício. Nesse sentido, devem-se considerar, em primeiro plano, a disponibilidade e o custo dos produtos químicos.

Uma alternativa viável para se proceder à amonização de volumosos de baixa qualidade é o sistema do qual se obtém a NH₃, por meio da hidrólise da ureia (Dolberg, 1992).



Esse sistema de tratamento baseia-se no fato de que, em condições hermeticamente fechadas e sob ação da uréase, ocorre a liberação de NH₃ a partir da ureia. A ureia é solúvel em água, álcool, composto orgânico sólido, possui cor branca e é cristalizada por meio do sistema prismático. Quimicamente, é classificada como amida, daí ser considerada um composto nitrogenado não proteico (NNP); possui em sua composição pequena quantidade de ferro e chumbo, que não são considerados tóxicos (Santos et al., 2001).

A amônia proveniente da ureia reage com os componentes da fração fibrosa dos volumosos como descrito anteriormente. É importante salientar que inúmeros fatores podem afetar a eficiência da liberação de amônia, a partir da hidrólise da ureia, sendo

os mais importantes: o conteúdo de umidade dos volumosos, a atividade de uréase dos volumosos, o período de tratamento e a quantidade de ureia aplicada.

Segundo Dolberg (1992), a maior eficiência do tratamento com ureia pode ser obtida quando o volumoso possui teor de umidade de 30,0%, e a ureia é aplicada na dosagem de 4,0 a 8,0% da matéria seca do volumoso. Além do sistema de tratamento com ureia, a amonização pode ser feita por meio do hidróxido de amônio. O processo de amonização com o NH_4OH é semelhante ao da amônia anidra. A principal diferença está no grande volume de líquido utilizado comparado ao pequeno volume dos sistemas com NH_3 , pois o hidróxido de amônio possui 29,0% de amônia anidra em sua composição. O uso do hidróxido de amônio, ou “água-amônia”, ainda tem sido feito em pequena escala se comparado aos outros sistemas de tratamento.

4. EFEITO DA TEMPERATURA, UMIDADE E USO DE UREASES

Segundo Jackson (1977), temperaturas superiores a 100°C à pressão atmosférica não potencializam a efetividade do álcali em aumentar a digestibilidade do volumoso. Aumentos maiores na digestibilidade são alcançados quando o material é cozido à pressão com soluções alcalinas. A combinação de altas temperatura e pressão, que ocorrem durante a peletização, pode aumentar a eficiência do processo de alcalinização ao qual o material tratado é submetido.

As informações relativas à influência do teor de umidade e da temperatura na aplicação de amônia anidra e ureia são frequentemente contraditórias. Ferreira et al. (1993) não encontraram diferenças entre os aumentos nos teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) decorrentes do tratamento com amônia anidra de fenos de aveia contendo teores de umidade alto e baixo. Nos resultados obtidos por Munõz et al. (1991), o aumento no conteúdo de umidade, quando se aplicava amônia, reduziu o conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), mas não modificou os valores de DIVMS, que foram similares aos obtidos com a aplicação de ureia com umidade nos níveis de 31,1% e 42,7%. O aumento da umidade para 30,0% produziu uma resposta positiva na maioria dos parâmetros químicos analisados. No entanto, com aumento de umidade para 40,0%, os resultados foram menos homogêneos. As temperaturas usadas não foram limitantes e tiveram efeito significativo ($P < 0,05$) nos conteúdos de FDN e N total. Em resíduos de cultura de milho, a temperatura não influenciou nem o grau de ureólise nem a DIVMS.

A adição de uma fonte de uréase para facilitar o processo produz resultados que ainda são contraditórios e dependem da fonte de uréase. Segundo Hadjipanayiotou (1982), a adição de grãos de soja crus não teve efeito significativo quando aplicados em resíduos de milho, e, quando aplicados em palha de trigo, seus únicos efeitos significativos foram sobre os valores de FDN e DIVMS. Em níveis de umidade baixos, a adição de grãos de soja crus aumentou o grau de ureólise na palha de trigo. Sarmiento et al. (2000) estudaram o efeito da soja crua, como fonte de uréase, na

amonização do bagaço de cana-de-açúcar por meio da ureia. Utilizaram quatro níveis de fontes de uréase (0%;2,5%; 3,75% e 7,5% da MS) em bagaço amonizado com 7,5% de ureia (base da MS), armazenados por um período de 96 dias. Os teores médios de PB e hemiceluloses não foram afetados pelos níveis crescentes de uréase, entretanto o teor médio de FDN do bagaço diminuiu. Por outro lado, a adição de fonte de uréase até 3,75% (base MS) melhorou a DIVMS do bagaço de cana tratado com ureia, no entanto altos níveis de soja crua (7,5%), como fonte de uréase, podem causar decréscimos na DIVMS. Já Bertipaglia et al. (2005) não encontraram benefícios na adição suplementar de uréase, via fenos de *B. decumbes*, *Penisetum purpureum* ou *Leucaena leucocephala*, na composição de fenos de *B. Brizantha* com dois níveis de umidade (15,0% ou 30,0%) tratados com 5,0% de ureia, durante 60 dias. O teor de umidade apresentou pouca influência nos efeitos da ureia e das fontes de uréase, não havendo diferenças nos valores de DIVMS dos fenos tratados. Pires et al. (2006) sugerem que maiores teores de umidade (15,0% versus 30,0%) associados a maiores doses de amônia (3,0% versus 5,0% da MS) garantem maiores respostas na qualidade nutricional de fenos de *B. Brizantha*. O uso de uréase (3,0% da MS) promoveu benefícios somente em níveis mais elevados de ureia.

Os resultados obtidos no trabalho de Queiroz et al. (1992b), em relação ao tempo de tratamento com amônia anidra, mostram que o tempo de duração da amonização não interferiu sobre os aumentos de PB e DIVMS. A perda de benefícios do tratamento com amônia anidra, após a retirada do plástico que protegia o material, foi influenciada pela duração dos tempos de amonização.

5. TÉCNICAS PARA A AMONIZAÇÃO DE VOLUMOSO

Como já mencionado anteriormente, a amonização pode ser realizada por meio da aplicação de amônia anidra, ureia e também do hidróxido de amônio. A seguir, serão descritas as técnicas recomendadas para a aplicação dos diferentes produtos químicos, de acordo com Reis et al. (1991), com considerações bastante práticas.

5.1. Aplicação de amônia anidra

Existem muitos procedimentos para a aplicação da amônia anidra. A escolha dependerá de fatores como: disponibilidade e material, quantidade de forragem a ser amonizada, condições de segurança etc. O procedimento a seguir é uma possibilidade de aplicação proposta por Reis et al. (1991):

- ✓ Escolher um local plano, bem drenado e, se possível, próximo das instalações onde os animais receberão a forragem tratada. A área onde os volumosos ou fardos a serem tratados serão empilhados deverá ser forrada com plástico ou ter o piso cimentado. Os silos trincheiras, os silos tipo cisterna, ou poço, ou qualquer compartimento que possa ser hermeticamente fechado, podem também ser utilizados.

- ✓ Para a confecção das pilhas, colocar uma camada de fardos e, a seguir, a tubulação ou vasilhame que receberá a amônia. A tubulação deve ser de cano PVC de, aproximadamente, duas polegadas. O cano de PVC deverá ser perfurado de 30 em 30cm, tendo os furos o diâmetro de um lápis (0,7cm).
- ✓ Uma das extremidades do cano deverá ser tampada, e a outra deverá possuir uma redução para permitir a conexão com a mangueira que será acoplada à válvula de saída do botijão de amônia. Geralmente, tem-se utilizado mangueira de alta pressão com diâmetro de 3/4 de polegada. A mangueira deve ser de alta pressão, apropriada para resistir à pressão exercida pela bomba, de modo a evitar vazamentos.
- ✓ Colocar o cano sobre a primeira camada de fardos e continuar a construção da pilha até atingir a altura e a largura desejadas em função da lona de cobertura.
- ✓ Após empilhar os fardos (retangulares ou redondos), cobrir com lona plástica (0,6 ou 0,8mm de espessura), deixando a lona folgada em todas as laterais e no topo da pilha. Essa folga permitirá expansão do gás nas primeiras horas de tratamento.
- ✓ O excesso da lona de cobertura deve ser cuidadosamente enrolado com a lona da base da pilha.
- ✓ Fechar muito bem as laterais da lona em contato com o solo, deixando “de fora” apenas a ponta da mangueira que será conectada ao cilindro de amônia. Para tanto, usar sacos com areia ou terra para evitar qualquer vazamento de amônia.
- ✓ No ponto de conexão entre a mangueira que sai do cilindro e a que está no interior da pilha, deve-se colocar um registro de PVC, evitando, dessa forma, perda de amônia no momento de desconectar as mangueiras.
- ✓ Verificar a vedação da pilha e proceder à aplicação da amônia. O cilindro de amônia deverá ser colocado na posição horizontal, inclinado ou mesmo de “ponta-cabeça” (válvula de saída para baixo) sobre uma balança. Por meio da pesagem contínua, pode-se aferir com precisão a quantidade de amônia aplicada.
- ✓ A abertura do registro do cilindro deve ser feita lentamente, verificando-se as conexões, bem como os possíveis pontos de vazamento de amônia.
- ✓ A quantidade de amônia a ser aplicada é baseada no peso de matéria seca da forragem ou simplesmente no peso bruto. Sabendo-se o peso médio dos fardos, o número de fardos, o peso total do material a ser tratado e a dosagem a ser aplicada, calcula-se facilmente a quantidade total de amônia a ser aplicada. Recomenda-se a adição de quantidades equivalentes a 2 a 4% do peso seco do volumoso a ser tratado.
- ✓ Ao terminar a aplicação, fechar o registro de PVC que foi colocado no ponto de conexão entre as mangueiras e inspecionar todas as laterais da pilha para verificar se existe algum orifício por onde esteja escapando a amônia.
- ✓ Após 21 a 30 dias de tratamento, descobrir as pilhas e, dois a três dias depois, iniciar o fornecimento aos animais. É conveniente manter as pilhas protegidas para evitar chuvas.

As seguintes medidas de segurança são imprescindíveis para o operador que efetuará o engate das mangueiras, a abertura da válvula do botijão e o reparo de quaisquer vazamentos. O operador deverá usar luvas de borracha, óculos de proteção e máscara de gás própria para trabalhar com amônia (Reis e Rodrigues, 1993). Próximo ao local de aplicação do produto, deverá estar disponível banheiro com sabão para se prestar os primeiros socorros em casos de acidente e contato com a pele, irritação dos olhos e garganta, a fim de se evitar casos de queimadura, pois a amônia é um produto cáustico. Caso ocorra queimadura de pele, devem-se retirar com rapidez as roupas molhadas com amônia e lavar a área atingida com água e sabão em abundância. É aconselhável manter solução de ácido acético a 5%, ou vinagre doméstico, para auxiliar na inativação do hidróxido de amônio. Em casos de irritação dos olhos, retirar a vítima para local arejado e realizar a lavagem dos olhos com água corrente durante 15 minutos. Não deverá ser permitido o uso de tabaco durante a aplicação de amônia nas proximidades do local de tratamento, sob risco de intoxicação. Em casos de irritação da garganta e cavidade nasal, deve-se molhar a parte afetada com bastante água. Se a vítima puder engolir, fornecer solução de ácido cítrico a 5,0% ou limonada. Após os primeiros socorros, deve-se levar a vítima ao pronto-socorro para avaliação médica adequada.

5.2. Aplicação da ureia

Da mesma forma que para a amônia anidra, existem outras possibilidades de métodos de aplicação cuja escolha dependerá dos mesmos fatores citados anteriormente.

- ✓ A ureia deve ser aplicada na proporção de 4,0 a 8,0% do peso seco do volumoso.
- ✓ A ureia deve ser aplicada diluída em água para garantir melhor uniformidade de distribuição.
- ✓ No caso de volumosos com alto conteúdo de matéria seca (90,0%), recomenda-se a aplicação de ureia 4,0 a 8,0kg de ureia diluída em 28 litros de água e aplicada em 100kg de forragem. O teor de umidade adequado para o tratamento é no mínimo de 30%.
- ✓ Em volumosos mais úmidos (20 - 30% de umidade), a quantidade de água deve ser diminuída.
- ✓ A solução de ureia deve ser aplicada na forragem antes de ser enfardada, para garantir uniformidade na distribuição.
- ✓ Após o enfardamento, o material deve ser empilhado sobre uma lona plástica e recoberto com outra lona, de tal forma que fique hermeticamente fechado. Podem-se usar silos trincheira, silos cilíndricos e compartimentos fechados.
- ✓ Os volumosos tratados devem permanecer em condições fechadas por duas a três semanas, no mínimo.
- ✓ Após a abertura das pilhas de fardos, permitir a aeração por dois a três dias antes de iniciar o fornecimento aos animais. É conveniente manter a pilha coberta para evitar água das chuvas.

5.3. Aplicação de hidróxido de amônio

A solução de hidróxido de amônio ou “água-amônia” pode ser aplicada por aspersão sobre o volumoso antes do enfardamento. Todavia, tem-se o inconveniente das perdas de amônia por volatilização. O método desenvolvido nos Estados Unidos consiste em montar pilhas de fardos hermeticamente fechadas, tendo no centro um reservatório que receberá a solução de amônia. A partir da volatilização da amônia da solução, tem-se o contato da NH_3 com a forragem.

Da mesma forma que nos sistemas descritos anteriormente, os volumosos devem permanecer sob lona plástica durante duas a três semanas. Após a abertura das pilhas (dois a três dias), iniciar o fornecimento aos animais.

6. EFEITOS DA AMONIZAÇÃO NA QUALIDADE DO VOLUMOSO

Resíduos de culturas de todos os tipos de cereais podem ser tratados com amônia, sendo que as de arroz podem ser tratadas inteiras, embora se aconselhe picar as palhas oriundas de cereais de caules mais duros, como as de trigo (Dolberg, 1992). De acordo com Birkelo et al. (1986), a amônia é geralmente considerada mais aceitável do que outras substâncias, tais como hidróxido de sódio. O tratamento com amônia tem fornecido resultados similares em relação a consumo e digestibilidade da MS, e acrescenta N ao material normalmente deficiente. Seu uso também contorna o problema do acúmulo de sódio no solo, quando as descargas são usadas como fertilizantes. Teixeira (1990) relata aumentos do teor de PB da ordem de 159,8 e 273,3%, para a palha de milho mais sabugo, e 61,6 e 105,7%, para o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), ambos tratados com doses de 1,5 e 3,0% de amônia anidra, respectivamente, comparados aos seus controles.

While et al. (1988) avaliaram diferentes variedades de palhas de arroz e observaram que o efeito do tratamento com amônia foi pronunciado em todas as variedades e frações botânicas (caule e folhas), sendo o efeito maior nas variedades com menor valor nutritivo. A aplicação de amônia promove alterações na composição química de volumosos de baixa qualidade, notadamente na fração fibrosa e no conteúdo de nitrogênio total.

Mason et al. (1988) observaram que menos parede celular foi isolada de palhas tratadas do que não tratadas, uma vez que o tratamento causou a perda de hemiceluloses e uma perda proporcionalmente maior de ácido do grupo ferrúlico que do p-cumárico das paredes. Sem dúvida, uma das principais alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos tratados com NH_3 é a solubilização das hemiceluloses, resultando em diminuição no conteúdo de FDN ou parede celular (Sundstol et al., 1978). Os dados de inúmeros estudos que pesquisaram os efeitos da amonização sobre os conteúdos de FDA, de celulose e de ligninas são controversos (Brown et al., 1986), pois dependem do nível de aplicação, do tempo de tratamento e da qualidade inicial do resíduo. A análise desses estudos mostra aumento nos teores de FDA e de celulose dos volumosos tratados com NH_3 .

Tal fato pode ser explicado pela elevação proporcional nesses valores, em função da solubilização das hemiceluloses, considerando-se que os resultados são expressos em termos percentuais. Por outro lado, alguns trabalhos têm mostrado decréscimo no conteúdo de ligninas.

Além dos efeitos na fração fibrosa, com a solubilização das hemiceluloses aumentando a disponibilidade de carboidratos prontamente fermentáveis para os microrganismos do rúmen, a amonização eleva o conteúdo de nitrogênio não proteico (NNP) dos volumosos. Estes efeitos, via de regra, resultam em elevação significativa na digestibilidade da forragem tratada (Sundstol et al., 1978; Brown et al., 1986).

Na Tabela 5, são apresentados os resultados de algumas pesquisas que avaliaram os efeitos da amonização de fenos de gramíneas tropicais de baixa qualidade nutricional com ureia ou amônia anidra. Todos os trabalhos evidenciam a melhoria no valor nutricional dos fenos, que, de modo geral, apresentam reduções nas frações fibrosas e aumento nos níveis de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca. Os efeitos no valor nutricional dos volumosos pelo uso de ureia ou amônia tendem a ser semelhantes, porém diferenças podem ocorrer por diferenças nos níveis de ureia utilizados, no tempo de tratamento e por características inerentes ao volumoso. Como pode ser observado para *B. decumbens*, há diferenças nas composições químicas do feno não tratado, que influenciam na magnitude das respostas da amonização. De modo geral, a amonização promove um aumento na DIVMS de 11,0% a 23,0% para *B. decumbens*, de 35,0% para *B. brizantha* e de 20,0% para o capim-jaraguá.

Tabela 5. Efeito do tratamento com ureia ou amônia em fenos de gramíneas tropicais de baixa qualidade nutricional.

Feno	Tratamento	% da MS							
		PB	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	NIDN* - NIDA**	DIVMS
<i>Brachiaria decumbens</i> ¹	Controle	3,9 b	82,2	50,0 b	39,6	32,0 a	7,4 b	-	40,9 b
	Ureia 5%	14,0 a	82,8	52,0 a	39,3	30,4 b	9,5 a	-	45,5 a
<i>Brachiaria decumbens</i> ²	Controle	2,8 c	83,9 a	51,7 a	42,4 a	32,2 a	9,3 a	0,34 a*	47,5 c
	Amônia 3%	9,7 b	79,4 b	48,1 b	40,2 b	31,3 a	8,0 ab	0,45 a*	59,6 a
	Ureia 5%	12,0 a	82,0 a	52,7 a	45,5 a	29,2 b	7,2 b	0,39 a*	54,2 b
<i>Brachiaria decumbens</i> ³	Controle	5,4 b	87,7 a	49,7	38,4 a	38	10,2	48,8 a*	54,0 b
	Ureia 6%	18,7 a	80,5 b	45,6	35,5 b	35	8,8	18,5 b*	66,7 a
<i>Brachiaria decumbens</i> ⁴	Controle	4,4 a	82,8 a	46,2	38,8	36,3 a	7,8	47,7 a**	48,7 c
	Amônia 3%	12,2 b	78,2 b	46,6	38,5	31,6 b	8,1	16,9 b**	63,5 a
	Ureia 5,4%	12,9 b	77,5 b	45,2	38,6	32,3 b	7,7	16,1 b**	59,8 b
<i>Brachiaria brizantha</i> ⁴	Controle	2,6 c	81,4 a	50,5 a	43	30,8 a	7,9	50,0 a**	41,2 c
	Amônia 3%	12,2 b	72,1 b	49,5 a	42,3	22,6 b	7,6	17,9 b**	61,6 b
	Ureia 5,4%	14,4 a	77,0 b	46,4 b	40,3	26,7 b	7,7	15,4 b**	55,8 b
<i>Hyparrhenia rufa</i> ⁴	Controle	5,5 b	80,4 a	58,6 a	40,8 b	26,8 a	8,9	44,1 a**	46,8 b
	Amônia 3%	13,6 a	76,2 b	54,7 b	42,9 a	21,5 b	9,1	27,1 b**	58,4 a
	Ureia 5,4%	14,1 a	77,8 b	54,0 b	41,1 b	23,8 b	8,9	16,3 c**	56,4 a

PB= Proteína Bruta; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; CEL - Celulose; HEM - Hemiceluloses; LIG - Ligninas; NIDN - Nitrogênio ligado à FDN; NIDA - Nitrogênio ligado à FDA; DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Fonte: Adaptado de ¹Schmidt et al.(2003); ²Fernandes et al. (2002); ³Gobbi et al. (2005); ⁴Reis et al.(2001).

No trabalho de Grossi et al. (1993), a amonização, com amônia anidra (3,0% da MS) ou ureia (5,4% da MS), não alterou os teores de FDN, de FDA, de celulose e de ligninas do feno de *coastcross*, das palhas de aveia e de triticale, porém proporcionou aumento nos teores de proteína bruta e, conseqüentemente, elevação na digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos volumosos estudados, principalmente nas palhas de aveia e no triticale, como por ser visto na Tabela 6. Apesar de a fração fibrosa ter sido praticamente inalterada com o tratamento, os autores observaram diminuição no conteúdo de hemiceluloses do feno de *coastcross* (36,0% para 30,0%), da palha de aveia (27,0% para 24,0%) e de triticale (30,0% para 26,0%) com o uso de NH₃. É importante salientar que os teores de umidade dos volumosos tratados com ureia estavam abaixo do recomendado por Dolberg (1992).

Tabela 6. Teores de proteína bruta (PB) e valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do feno de capim-*coastcross*, da palha de aveia, de triticale e da casca de arroz, não tratados, tratados com amônia anidra (3,0%MS) ou com ureia (5,4%MS).

	PB(%MS)			DIVMS(%MS)		
	Controle	Amônia	Ureia	Controle	Amônia	Ureia
<i>Coastcross</i>	7,8Ab	14,5Aa	12,5Ba	43,7Aa	50,1Ba	46,9Ba
Aveia	7,2Ac	13,8Ab	17,4Aa	47,9Ac	67,5Aa	58,2Ab
Triticale	2,9Bc	10,1Bb	16,0Aa	30,2Bb	56,1Ba	58,1Aa
Casca de arroz	3,1Bc	11,0Bb	13,0Ba	10,5Cb	14,1Cab	20,8Aa

Fonte: Adaptado de Grossi et al. (1993).

Reis et al. (1993), trabalhando com diferentes níveis de amônia em feno de capim-braquiária, não observaram efeito do tratamento sobre os teores de FDA, hemiceluloses ou celulose, observando, entretanto, redução nos teores de ligninas. Esse fato pode justificar, em parte, o aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN, FDA, hemiceluloses e celulose, como pode ser observado na Tabela 7. O aumento no nível de ureia potencializou esses efeitos.

Tabela 7. Efeito dos níveis de amônia na composição química do feno de capim-braquiária.

Componentes	Níveis de NH ₃		
	0,0%	1,5%	3,0%
MS	40,70c	47,20b	53,11a
FDN	59,00c	64,20b	67,00a
FDA	42,00c	48,38b	54,90a
Hemiceluloses	63,30c	70,96b	77,58a
Celulose	45,34c	53,30b	60,14a
Lignina	9,78	10,07	11,16

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si (p<0,05) pelo teste SNK. MS - Matéria Seca; FDN - Fibra em Detergente Neutro; FDA - Fibra em Detergente Ácido.

Fonte: Reis et al. (1993).

Gobbi et al. (2005) avaliaram seis níveis de uso de ureia, de 0,0% a 10,0% da MS, na amonização de fenos de *B. decumbens*, e relataram que melhorias nos tratamentos resultaram em melhorias do valor nutritivo do feno, sendo as melhores respostas obtidas com 7,0% de ureia na MS, pois proporcionaram os maiores valores de DIVMS.

Como pode ser visto na Tabela 8, a incubação com ureia aumentou o percentual de proteína bruta (Nx6,25) dos resíduos estudados, e os maiores percentuais de aumento ocorreram nos primeiros 10 dias de incubação e nos materiais com menores teores proteicos (Nascimento et al., 1999).

Tabela 8. Efeito do tempo do tratamento na composição química e digestibilidade de resíduos tratados com 5,0% de ureia.

Resíduo	Dias	PB	FDN	FDA	Lignina	DIVMS
Casca de arroz	0	4,43 b	78,86 a	56,47a	12,61 a	27,88 b
	10	7,56 a	73,14 b	45,06 b	11,28 ab	44,05 a
	20	8,63 a	64,62 c	44,77 b	11,00 ab	43,69 a
	30	8,54 a	63,18 c	44,20 b	9,11 b	42,59 a
Bagaço de carnaúba	0	10,03 c	78,02 a	50,87 a	17,60 a	38,85 a
	10	13,97 a	76,23 ab	51,93 a	18,14 a	40,85 a
	20	13,40 ab	74,24 b	51,00 a	18,36 a	38,91 a
	30	12,46 b	67,28 c	51,12 a	18,85 a	41,13 a
Bagaço de cana	0	2,78 c	86,19 a	74,18 a	8,82 b	37,77 a
	10	5,20 a	86,80 a	71,41 b	11,81a	38,02 a
	20	4,20 b	86,32 a	71,51 b	10,10 b	31,93 b
	30	4,43 c	86,94 a	71,18 b	11,86 a	35,74 a

Para o mesmo resíduo, valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem Tukey ($P>0,05$). PB - Proteína Bruta; FDN - Fibra em Detergente Neutro; FDA - Fibra em Detergente Ácido; DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca.

Fonte: Nascimento et al. (1999).

Cândido et al. (1999) encontraram que a amonização via ureia proporcionou melhoria no valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar, comprovada pela elevação do teor de PB e DIVMS e pela redução no conteúdo de FDN. Verificaram que o nível mínimo de adição de ureia ao bagaço, visando à melhoria no seu valor nutritivo, foi de 3,0% (base da MS), considerando-se o nível mínimo de PB adequado para bom funcionamento do rúmen.

O aumento da digestibilidade dos resíduos tratados está relacionado com o aumento da digestibilidade da celulose presente. Além disso, a proporção de celulose, nos resíduos tratados é maior que naqueles não tratados, enquanto a proporção de hemiceluloses é menor, e uma vez que a digestibilidade das hemiceluloses é cerca de 20,0% inferior à da celulose, tanto antes quanto depois do tratamento (Jackson, 1977), essa mudança nas proporções também contribui para o aumento da digestibilidade após tratamento.

A celulose sofre um aumento de volume em função do tratamento com álcali (Jackson, 1977). O álcali reduz a resistência das pontes de hidrogênio intermoleculares e promove quebras de ligações éster inter e intramolecular presentes nas moléculas de celulose e hemiceluloses que as mantêm unidas, resultando em aumento de volume. As fibras de celulose, dentro da matriz celular, podem ser fisicamente restritas pelo aumento de volume, e o tratamento alcalino provavelmente também remove essas barreiras em alguma extensão. O tratamento com amônia promove a redução da cristalinidade das moléculas de celulose, pelas formações de complexos da celulose com a amônia, resultando em maior ataque enzimático. Os dois efeitos em conjunto favorecem o aumento das superfícies acessíveis aos microrganismos ruminais, promovendo maior fermentação, maior taxa de passagem e potencializando o consumo (Goto e Yokor, 1996). Alguma quantidade tanto de lignina quanto de sílica é dissolvida, e ligações éster intermoleculares entre grupos ácido urônico de hemiceluloses e celulose são provavelmente hidrolisadas. A celulose após o aumento de volume deveria ser mais facilmente penetrada pelo fluido ruminal, e isso deveria contribuir para a maior digestibilidade da celulose, após o tratamento.

Joy et al. (1992) realizaram uma série de experimentos, comparando tratamentos com amônia anidra e ureia em solução e observaram uma pequena superioridade do primeiro em concordância com a literatura. Os tratamentos com doses mais altas de ureia forneceram valores de digestibilidade da matéria orgânica e consumo ligeiramente maiores, mas nem sempre significativos, e isso também ocorre de acordo com a literatura para tratamento com amônia. De forma geral, uma dosagem de 3,0 – 4,0% de ureia pode ser considerada suficiente para tratamento com teor de umidade de cerca de 30%.

Como pode ser observado na Tabela 9, o uso da amônia anidra proporcionou aumentos na DIVMS dos volumosos. A qualidade nutricional inerente ao material influencia nas respostas aos tratamentos.

Tabela 9. Efeitos dos níveis de amônia anidra sobre a digestibilidade *in vitro* (DIVMS) da palha de arroz e feno de aveia de baixa umidade.

Produto	Componente (% na MS)	Níveis de amônia anidra (% na MS)			Autor
		0	2	4	
Palha de arroz	DIVMS	34,51 ^c	44,99 ^b	48,03 ^a	Ferreira et al., 1990b
Feno de aveia	DIVMS	67,22 ^c	69,85 ^b	77,49 ^a	Ferreira et al., 1993

Quando se trata de palhas de qualidade muito baixa, os resultados relativos são mais pronunciados, contudo, em materiais de melhor qualidade nutricional, os aumentos numéricos são maiores, ou seja, o tratamento com 4,0% de amônia proporcionou aumentos de 39% nos valores de DIVMS da palha de arroz, apesar do menor valor

numérico (34,5% para 48,0%), porém, no feno de trigo, o tratamento proporcionou aumentos relativos de 15,0% e, em termos absolutos, de 10 unidades percentuais na DIVMS para o feno tratado em comparação ao controle.

Os fenos de *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa* (capim-jaraguá) foram avaliados quanto ao efeito do tratamento com amônia anidra (3,0% da MS) ou ureia (4,5% da MS, associado ou não com fonte de uréase) sobre a composição química. A amonização promoveu melhorias na qualidade nutricional dos fenos, com redução dos níveis de FDN e aumento nos teores de PB e DIVMS, contudo não houve redução nos teores de FDA e lignina. Segundo Reis et al. (2001), a solubilização de parte das hemiceluloses e de nitrogênio ligado à FDN bem como o aporte de nitrogênio suplementar aumentam a quantidade de carboidrato e nitrogênio prontamente fermentável e favorecem o aumento da DIVMS dos volumosos tratados. Esses autores concluíram que a ureia proporcionou o mesmo efeito da amônia e que o uso de uréase adicional não promoveu benefícios.

Fadel et al. (2004) encontraram efeito positivo ($P < 0,05$) da amonização com ureia sobre a digestibilidade aparente da dieta total, com ou sem suplementação concentrada. (Tabela 10). Houve tendência, porém não significativa, de aumento na digestibilidade aparente da PB, FDN e FDA da dieta, assim como da MS da palha de arroz com a amonização da palha de arroz. Esses resultados podem ser explicados pelas alterações ocorridas nas propriedades físicas e químicas da palha tratada, com efeitos positivos sobre as características da flexibilidade, fragilidade e solubilidade das forragens e pelo fato de essa mudança, provavelmente, ter exercido papel favorável na colonização e degradação da fibra. O uso de concentrados reduziu a digestibilidade da MS da palha de arroz, entretanto a amonização minimizou esse efeito. O tratamento da palha de arroz provocou efeito significativo ($P < 0,05$) no consumo voluntário da MS, da MO e da PB, com valores observados de 61,04 e 51,66; 56,60 e 47,51; 8,82 e 5,23 g/UTM/dia, respectivamente, para a palha de arroz amonizada e não tratada.

Freitas et al. (2002) avaliaram o potencial da amônia anidra (1,0% da MS) e dois níveis de ureia (0,9% e 1,8% da MS) na conservação de fenos de alfafa com teores de umidade mais elevados (24,0% a 27,0% ou 34,0% a 37,0% de umidade). Esses autores observaram que a amônia foi eficiente no controle de fungos produtores de toxinas como *Aspergillus* e *Penicillium*, porém foi ineficaz no controle de *Paecilomyces*. Já o uso da ureia foi pouco eficiente no controle dos fungos, principalmente sob condições de maior umidade dos fenos, resultando em deterioração dos materiais, no entanto alguns produtores de toxinas foram controlados de forma satisfatória. Vale ressaltar que os teores de 0,9 e 1,8% de ureia objetivaram alcançar teores equivalentes a 0,5 e 1,0% de NH_3 na MS, que se têm mostrado efetivos no controle de fungos (1,0% de NH_3). Contudo, esses níveis são baixos para promover melhorias na qualidade nutricional do volumoso, o que está de acordo com a ausência de alteração na composição química dos fenos tratados relatada por esses pesquisadores.

Tabela 10. Digestibilidade aparente e consumo da dieta e palha de arroz(MSp) em ovinos.

Tratamentos	Coeficientes de digestibilidade aparente				MSp
	MS	PB	FDN	FDA	
T1	55,16c	61,28b	60,93b	59,19b	59,23ab
T2	64,41ab	69,16a	65,55a	65,55a	46,25c
T3	62,12b	59,42b	62,66ab	62,66ab	60,88a
T4	70,58a	68,84a	68,78a	68,78a	55,14b
C.V. (%)	5,02	4,55	6,02	4,93	4,40

Tratamentos	Consumo voluntário (g/UTM/dia)		
	MS dieta	MS palha	PB dieta
Controle	51,66c	47,70b	5,23d
T2	68,85a	48,14b	11,44b
T3	61,04b	60,02a	8,82c
T4	67,98a	45,48b	15,18a
C.V. (%)	2,58	7,01	9,20

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). T1 - palha de arroz não tratada+ureia (20 g/kg de MS), T2 - T1+ concentrado, T3 - palha de arroz tratada (4% de ureia com base na MS), T4 - T3+concentrado, PB - Proteína Bruta; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido.

Fonte: Fadel et al. (2004).

7. DESEMPENHO ANIMAL

Segundo Reis e Rodrigues (1994), a utilização do N incorporado durante o tratamento com amônia depende de fatores tais como: N total da palha, velocidade de liberação do N, quantidade de energia disponível no rúmen e disponibilidade de proteína da dieta. As evidências disponíveis indicam que o N incorporado ao volumoso tem o mesmo efeito daquele de outras fontes de NNP para os microrganismos. Por outro lado, há controvérsias sobre a eficiência de utilização do N proveniente da amonização. A quantidade de N requerido pela microflora ruminal está relacionada ao conteúdo de energia potencialmente fermentável disponível. Embora, na palha, o conteúdo de N seja baixo, esse parece ser adequado devido à baixa fermentabilidade da MS.

A digestibilidade dos volumosos tem sido aumentada consideravelmente, sob os efeitos da amonização (Reis e Rodrigues, 1994). Resultados de trabalhos de pesquisa mostram aumentos expressivos no consumo de matéria seca e no desempenho de animais alimentados com volumosos tratados com amônia.

É importante considerar que, além das alterações na composição química das frações fibrosa e nitrogenada, bem como na digestibilidade, a amonização acarreta alterações físicas nos volumosos, tornando-os mais macios e flexíveis, influenciando positivamente o consumo voluntário.

A utilização de volumosos tratados com amônia e suplementados com fonte energética pode proporcionar aos animais ganhos de peso semelhantes aos obtidos com o fornecimento de suplementos proteico-energético adicionados aos volumosos não tratados. O valor nutritivo de volumosos tratados com amônia assemelha-se ao dos fenos de média qualidade (55,0% NDT), sendo a sua principal limitação a deficiência em energia. Ademais, os volumosos tratados com NH₃ podem ser usados em programas de engorda intensiva de bovinos, juntamente com o fornecimento de 3 a 4kg de concentrado/dia, permitindo ganho de 1,0 a 1,2kg/dia (Sundstol et al., 1978). O aumento na *performance* de animais ocorre quando os volumosos tratados com amônia compõem mais de 50% da dieta.

De acordo com Zorrila-Rios et al. (1985), o tratamento com amônia aumentou ($p < 0,01$) a fragilidade da palha. Também aumentou os teores de PB, DIVMS e o desaparecimento *in situ* da MS e de constituintes de parede. Os novilhos alimentados com a palha amonizada tenderam a ter concentrações de NH₃-H no rúmen mais altas, enquanto em relação ao pH não foram encontradas diferenças. A taxa de fluxo do fluido ruminal aumentou com a amonização, e a taxa de diluição de sólidos também tendeu a ser mais rápida após amonização. O consumo voluntário aumentou com o tratamento em mais de 30%.

Pereira et al. (1990) estudaram os efeitos do tratamento da palha de milho e do bagaço de cana-de-açúcar, com ureia e amônia anidra sobre o consumo e ganho de peso de novilhos e concluíram que os tratamentos induziram a um aumento no teor de PB e a uma redução no teor de hemiceluloses. Os autores também concluíram que o tratamento com a amônia anidra foi mais vantajoso em termos de ganho de peso, consumo e conversão alimentar (Tabela 11).

Guimarães et al. (1991), trabalhando com resíduos de cultura de milho, concluíram que tanto a suplementação com ureia quanto o tratamento com hidróxido de amônio possibilitam o uso desse alimento sozinho durante o período de escassez de forragens, para manter a condição corporal das categorias animais menos exigentes do rebanho. Os resultados de Oji et al. (2007) endossam o potencial tanto da ureia quanto do hidróxido de amônio na melhoria da qualidade de resíduos de cultura do milho, melhorando a composição química, DIVMS e digestibilidade aparente dos componentes da dieta, o que resulta em maiores ingestões de matéria seca e matéria orgânica.

De modo geral, os resultados de pesquisas demonstram elevação de 10,0 a 30,0% nos valores de digestibilidade e incremento de 20,0% no consumo de matéria seca pelos animais. A recuperação ou fixação do nitrogênio aplicado durante amonização que está disponível para os animais encontra-se entre 40% a 65% (Fernandes et al., 2002).

Tabela 11. Efeito do tratamento da palha de milho e do bagaço de cana com ureia ou amônia anidra sobre o consumo, ganho de peso e conversão alimentar.

	Palha	Palha + ureia	Palha + amônia
Consumo de MS (kg/animal/dia)	6,34a	6,11a	8,55b
Consumo de MS (g/UTM ¹)	78,84a	79,96a	82,0c
Consumo de PB (kg/animal/dia)	0,27a	0,64b	0,82c
Consumo de PB (g/UTM ²)	3,36a	8,03b	9,87b
Ganho de peso	0,90b	0,61a	1,25c
Conversão alimentar (kg/MS/kg ganho)	8,55	12,29	7,95
	Bagaço	Bagaço + amônia	
Consumo de MS - resíduo (kg/animal/dia)	3,04b	4,15a	
Consumo de MS - resíduo (g/UTM ²)	40,68	54,84	
Consumo de PB (kg/animal/dia)	0,07b	0,36a	
Consumo de PB (g/UTM ²)	0,93	4,75	
Ganho de peso	0,08b	0,28a	
Conversão alimentar (kg/MS/kg ganho)	55,00b	19,78a	

Letras iguais não diferem pelo teste de Newman-keuls, (p<0,05).

UTM¹ - unidade de tamanho metabólico = kg pv^{0,75}.

UTM² - unidade de tamanho metabólico = kg PB^{0,75}.

Fonte: Pereira et al. (1990).

8. RECOMENDAÇÕES DE USO

Para o uso de amônia anidra ou hidróxido de amônio, recomendam-se as dosagens de 2,0 a 3,0% do peso seco dos volumosos, para maior eficiência do tratamento químico. Já para o uso de ureia, as dosagens variam de 5,0% a 8,0% do peso seco dos volumosos.

Recomenda-se que o período de tratamento, ou seja, o período durante o qual os volumosos permanecem sob lona plástica em contato com a amônia deva ser de três a quatro semanas.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na utilização de tratamentos químicos de volumosos, é importante observar os custos do transporte, da aplicação do reagente químico e o valor nutritivo do produto obtido, bem como as implicações tecnológicas para a adoção do método.

A técnica da amonização permite melhorar, consideravelmente, a qualidade dos volumosos. Todavia, a aplicação de amônia anidra nas condições brasileiras é difícil, em função do sistema de distribuição do produto e da falta de tradição no uso desse nas atividades agrícolas. Além disso, deve-se ter em mente que o manuseio da

amônia anidra deve ser feito por pessoas treinadas, uma vez que se trata de um produto potencialmente tóxico.

A utilização de hidróxido de amônia se apresenta como uma alternativa adequada para o tratamento químico, considerando-se que esse produto vem sendo usado, rotineiramente, como fertilizante.

Finalmente, a utilização de ureia como fonte de amônia para o tratamento de volumosos parece ser a alternativa mais adequada para o Brasil, pois o seu uso na pecuária nacional é amplamente difundido e a adoção dessa técnica não requer grandes investimentos.

Fazendo-se uma análise abrangente dos trabalhos consultados, pode-se afirmar que a amonização é um sistema eficiente para o tratamento de volumosos de baixo valor nutritivo, sejam palhas ou resíduos agroindustriais.

Seria interessante que os trabalhos de pesquisa sobre o assunto determinassem a relação custo/benefício do tratamento químico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIN, D.E. Biological structure of lignocellulose and its degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.21, p.295-310, 1988.

BERTIPAGLIA, L.M.A.; LUCA, S.; MELO, G.M.P. et al. Avaliação de fontes de uréase na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. *Rev. Bras. Zootec.* v.34, p.378-386, 2005.

BIRKELO, C.P.; JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Net energy value of ammoniated straw. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.2044-2052, 1986.

BONJARDIM, S.R.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. et al. Avaliação da qualidade dos fenos de gramíneas tropicais armazenados com diferentes níveis de umidade e tratados com amônia. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.21, p.867-873, 1992.

BROWN, W.F.; PHILLIPS, J.D.; JONES, D.B. Ammoniation, urea or cane molasses supplementation of rice straw. *J. Anim. Sci.*, v.63, suppl. 1, p.310, 1986. Abstract.

CÂNDIDO, M.J.; NEIVA J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com ureia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.928-935, 1999.

CHAVES, C.M.; MOORE, J.E.; MOYE, H.A. et al. Separation, identification and quantification of lignin saponification on products extrated from digtgrass and their relation to forrage quality. *J. Anim. Sci.*, v.32, p.196-203, 1982.

DAS, R.S.; MEHRA, U.R.; SINGH, U.B. Effect of acidified sodium sulphite and urea/ammonia treatment on the utilization of wheat straw by rumen micro-organisms. *Indian J. Anim. Sci.*, v.63, p.324-328, 1993.

DOLBERG, F. Progress in the utilization of urea-ammonia treated crop residues: Nutritional dimensions and application of technology on small farm. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: SBZ, 1992. p.130-145.

DUARTE, U.J.G. *Substituição da silagem de milho pela palha de feijão tratada ou não com hidróxido de sódio ou hidróxido de amônia, para novilhos em confinamento*. 1991. 76f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo horizonte, MG.

FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. et al. Valor nutritivo da palha de arroz amonizada com ovinos. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.5, p.19-25, 2004.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. et al. Qualidade do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. submetido ao tratamento com amônia anidra ou ureia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, suppl., p.1325-1332, 2002.

FERREIRA, J.Q.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeito dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós-tratamento sobre a qualidade dos fenos de aveia contendo alta ou baixa umidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.22, p.47-52, 1993.

FERREIRA, J.Q.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeitos dos níveis de amônia anidra e dos períodos pós-tratamento sobre a qualidade da palha de arroz. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.19, p.39-43, 1990a.

FERREIRA, J.Q.; GARCIA, R.; SILVA, D.J. et al. Avaliação da palha de arroz tratada com amônia anidra em ensaio de digestibilidade com ovinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.19, p.315-321, 1990b.

FREITAS, D.; COAN, R.M.; REIS, R.A. et al. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, suppl., p.866-874, 2002.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F. et al. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com ureia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.720-725, 2005.

GOTO, M.; YOKOE, Y. Ammoniation of barley straw. Effect on cellulose crystallinity and water-holding capacity, *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.239-247, 1996.

GROSSI, S.F.; REIS, R.A.; EZEQUIEL, J.M.B. et al. Tratamentos de volumosos com amônia anidra ou ureia. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.651-660, 1993.

GUIMARÃES, A.M.; SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M. Valor nutritivo de cultura de milho, tratado com hidróxido de amônio ou suplementos com ureia, para ruminantes. I - Efeito sobre o consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.43 p.75-79, 1991.

HADJIPANAYIOTOU, M. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass. For. Sci.*, v.37, p.89-93, 1982.

HORN, G.W.; ZORRILLA-RIOS, J.; AKIN, D. Influence of stage of forrage maturity and ammoniation of wheat forrage tissues. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.24, p.201-218, 1989.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.2, p.105-130, 1977.

JOY, M.; ALIBÉS, X.; MUNOZ, F. Chemical treatment of lignocellulosic residues with urea. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.38, p.319-333, 1992.

MASON, V.C.; HARTLEY, R.D.; KEENE, A.S. et al. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straws. I. Changes in chemical composition in relation to digestibility in vitro and cell wall degradability. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.19, p.159-171, 1988.

MUÑOZ, F.; JOY, M.; FACI, R. et al. Treatment of ligno-cellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of uréases. *Ann. Zootech.*, v.40, p.215-225, 1991.

NASCIMENTO, H.T.S.; NASCIMENTO, M.S.C.B.; RIBEIRO, V.Q. et al. Tratamento de resíduos da agroindústria com ureia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre, RS: SBZ, 1999. 3p. CD-ROM.

OJI, U.I.; ETIM H.E.; OKOYE, F.C. Effects of urea and aqueous ammonia treatment on the composition and nutritive value of maize residues. *Small Rumin. Res.*, v.69, p.232-236. 2007

PEREIRA, J.C.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Efeito do tratamento da palha de milho e do bagaço de cana, com ureia e amônia anidra, sobre o consumo e ganho de peso de novilhos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.19, p.469-475, 1990.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* amonizado em diferentes umidades. *Arch. Zootec.* v.55, p.393-396. 2006.

PRATES, E.R.; LEBOUTE, E.M. Avaliação do valor nutritivo de resíduos de cultivos e de indústria. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.9, p.248-259, 1980.

QUEIROZ, A.C.; LEMENAGER, R.P.; HENDRIX, K.S. et al. Efeito do tratamento da palha de trigo com amônia anidra sobre a degradabilidade *in situ* da matéria seca, taxa de passagem e concentração de ácidos graxos voláteis. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* v.21, p.882-890, 1992a.

QUEIROZ, A.C.; LEMENANGER, R., HENDRIX, K.S. et al. Efeito do tratamento da palha de trigo com amônia anidra sobre a proteína bruta, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e os componentes da fibra, após vários tempos de amonização e períodos de aeração. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.21, p.1020-1028, 1992b.

REIS, R.A.; GARCIA, R., QUEIROZ, A.C. et al. et al. Efeitos da amonização sobre a qualidade dos fenos de gramíneas tropicais. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.26, p.1183-1191, 1991.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. Amonização de forrageiras de baixa qualidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS. 1., 1994, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: CBNA, 1994. p.89-104.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. *Amonização de volumosos*. Jaboticabal, SP: UNESP/FCAVJ; FUNEP, 1993. 22p.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A., PEREIRA, J.R.A. et al. Amonização de resíduos de culturas de inverno. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, p.787-793, 1993.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. et al. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou ureia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.666-673, 2001.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá, PR. *Anais...* Maringá, PR: UEM, 2001. p.319.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. et al. Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2, 2001, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p.199-228.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. et al. Níveis de grãos de soja como fonte de uréase no tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. 3p.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F.S.; VARGAS JUNIOR, F.M. et al. Valor nutritivo do feno de braquiária amonizado com ureia ou inoculado com *Pleurotus ostreatus*. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, suppl.2, p.2040-2049, 2003.

Schmidt, Patrick; Wechsler, Francisco Stefano; anda de; Rossi, Patrícia

SILVA, A.A.D; GUEDES, C.V.M. Variability in the nutritive value of straw cultivars of wheat, rye, and triticale and response to urea treatment. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.28, p.79-89, 1990.

SINGH, B.; MAKKAR, H.P.S. Effect of rumen liquor uréase (rumen microbes), temperature and treatment time on chemical properties of fibre and *in sacco* digestibility of ammoniated wheat straw. *Indian J. Anim. Sci.*, v.63, p.266-269, 1992.

SUNDSTOL, F.N.; COXWORTH, E.; MOWAT, D.N.. Improving the value of straw and other low quality roughages by treatment with ammonia. *World Anim Rev.*, n.26, p.13-21, 1978.

TEIXEIRA, J.R.C. *Efeito da amônia anidra no valor nutritivo da palha de milho mais sabugo e do capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum cv. Cameroon fornecidas a novilhos Nelores em confinamento.* 1990. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants.* 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WHILE L.M.; HARIMAN, G.P.; BERGMAN, J.W. et al. Botanical fractions of two rice straw varieties and effects of ammonia treatment. *Anim. Prod.*, v.46, p.347-353, 1988.

ZORRILA-RIOS, J.; OWENS, F.N.; HORN, G.W. et al. Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. *J. Anim. Sci.*, v.60, p.814-821, 1985.

CAPÍTULO 13

HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA RUMINANTES

*Frederico Osório Velasco¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Marcelo Neves Ribas³, Wilson Gonçalves de Faria Jr.⁴*

RESUMO

Os resíduos agroindustriais apresentam grande utilidade na alimentação animal, principalmente para ruminantes. Porém, por seu baixo valor nutritivo, vários tipos de tratamentos são utilizados visando melhorar sua qualidade nutricional. Neste capítulo, será abordado o efeito do hidróxido de sódio sobre a qualidade dos principais resíduos agroindustriais utilizados e seu efeito sobre o desempenho dos ruminantes.

INTRODUÇÃO

O avanço no modo de beneficiamento dos alimentos e a sua industrialização visando extrair as porções mais nobres deste para o consumo humano, a partir de 1880, aliados a um aumento da área cultivada e da produtividade, provocaram um aumento significativo da disponibilidade de resíduos vegetais de culturas e de subprodutos industrializados (Bose et al., 1984). O Brasil apresenta grande diversidade de cultura, gerando uma enorme produção nas diferentes regiões do país. O processamento dos diversos produtos origina altas quantidades de resíduos, que, na maioria das vezes, podem ser aproveitados para alimentação animal, reduzindo a contaminação ambiental e, ao mesmo tempo, os custos de produção animal, uma vez que a alimentação corresponde de 60 a 70% destes custos (Dutra et al., 1997). Dentro deste contexto, o ruminante se destaca pelo seu aparelho digestivo peculiar, possuindo um estômago composto e compartimentado, que corresponde a 60-70% da capacidade total do aparelho digestivo, o qual lhe permite converter em alimento de alta qualidade os materiais grosseiros, os produtos fibrosos das plantas e os subprodutos diversos que não teriam outra utilidade a não ser retornarem ao solo.

Na produção animal, geralmente uma nutrição inadequada é o principal fator limitante (Kategile, 1982). O valor nutricional das dietas disponíveis para os animais deve ser avaliado para que suas deficiências sejam suplementadas visando aprimorar o desempenho deste.

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., DSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. os2ribas@hotmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. wilsonvet2002@gmail.com

Os restos de cultura têm sido frequentemente utilizados como volumosos na época da escassez de forragem e como forma de aproveitamento da grande disponibilidade destes nas ocasiões das colheitas das culturas. Em geral, os resíduos culturais apresentam valores elevados de parede celular, composta principalmente de hemiceluloses, celulose, lignina e sílica. Esses valores elevados, associados aos baixos teores de proteína bruta e minerais, caracterizam a baixa qualidade nutritiva destes resíduos (Marques Neto e Ferreira, 1984).

A baixa qualidade dos resíduos culturais, limitando a digestibilidade e até mesmo o consumo voluntário destes alimentos pelos animais, sugere a necessidade de submetê-los a um tratamento prévio em todas as ocasiões em que a opção seja a sua utilização como fonte alimentar para os ruminantes. Resultados promissores têm sido obtidos por meio do tratamento químico, com adição de álcalis aos resíduos agroindustriais, melhorando suas digestibilidade e qualidade (Marques Neto e Ferreira, 1984). O tratamento químico deve atender a pré-requisitos como facilidade de aplicação, efetividade do tratamento, boa relação custo/benefício.

Esta revisão, que enfoca os restos de cultura e os resíduos agroindustriais tratados com hidróxido de sódio (NaOH), mostra a importância desses subprodutos como opção alimentar para os ruminantes. Embora de valor nutritivo inferior aos considerados nobres, esses alimentos constituem uma das alternativas práticas e até mesmo econômicas para a dieta dos animais.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Composição química dos volumosos

Analisando-se a composição química e a digestibilidade das diversas partes das plantas utilizadas como resíduos, verifica-se que a maioria necessita ser suplementada com energia, proteína, fósforo, vitamina A, sendo o teor de cálcio muito variável (Bose et al., 1984). Segundo Hawkins (1983), o consumo de resíduos de culturas em matéria seca varia de 5,45 a 9,41kg por dia, dependendo da qualidade e da palatabilidade (em clima temperado), e é altamente limitado pelo longo tempo de passagem pelo trato digestivo, devido à lenta degradação da matéria seca. A Tabela 1 apresenta a composição química de alguns resíduos agroindustriais utilizados na alimentação de ruminantes.

Com base na disponibilidade de nutrientes para ruminantes, os componentes das forrageiras podem ser divididos em dois grupos principais: o conteúdo celular e os constituintes da parede celular, sendo este último composto por celulose, hemiceluloses, lignina e sílica. O conteúdo celular é totalmente digestível, no entanto a disponibilidade dos constituintes da parede celular varia entre as diferentes forrageiras. A maioria dos constituintes da parede celular encontra-se indisponível para a ação da microbiota ruminal devido basicamente a três fatores:

- grau de cristalização dos polímeros de celulose;
- quantidade de lignina presente na forragem;
- associação física e química entre compostos fenólicos, lignina, e os polissacarídeos da parede celular.

Tabela 1. Composição química da matéria seca, MS, em porcentagem, proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, cálcio (Ca), fósforo (P) de alguns resíduos agroindustriais utilizados na alimentação de ruminantes em porcentagem da matéria seca de valores de nutrientes digestíveis totais (NDT).

Alimento	MS	PB	FB	FDN	FDA	Lignina	NDT	Ca	P	DMS
Algodão casca	88,96	4,91	42,07	85,63	64,48	11,54	49,17	0,2	0,17	-
Arroz casca	90,12	2,7	42,08	81,33	77,06	11,64	39,2	0,05	0,06	11,4
Café casca	88,01	10,07	23,49	60,09	46,73	12,9	47,03	0,38	0,13	47,2
Cama de frango	84,32	18,85	18,66	62,26	38,84	9,48	57,25	2,58	1,38	50,24
Cana -de -açúcar bagaço	48,16	1,82	45,23	89,07	61,18	13,42	43,52	0,12	0,04	33,64
Maravalha	86,81	1,58	-	89	75,24	7,64	-	-	-	44,9
Milho resíduo de cultura	84,58	4,22	36,67	82,32	48,33	-	69,67	0,46	0,24	-
Milho sabugo	42,15	3,28	31,71	80,25	41,24	4,62	41,83	0,03	0,05	53,8
Soja grão Resíduo	88,2	36,71	21,09	40,09	24,05	17,05	61,96	0,7	0,43	76,65
Soja palhada	-	25,44	-	50,97	31,89	-	63,58	-	-	-
Sorgo resíduo de cultura	85,83	4,21	40,51	50,49	30,49	-	73,25	0,22	-	59,4
Uva resíduo	53,93	12,29		52,53	27,76					29,56

Fonte: Valadares et al., 2006.

As hemiceluloses (HCEL) e a celulose (CEL), principais componentes da fibra bruta (FB), são utilizadas pelos ruminantes, cuja flora ruminal as transforma em ácidos graxos voláteis (AGVs), principalmente acético, propiônico e butírico. Esses ácidos graxos são absorvidos pelas paredes do rúmen e servem como fonte de energia ao animal. Entretanto, dietas ricas em fibras são pobres em energia porque a fibra apresenta uma baixa densidade energética (baixo conteúdo energético por unidade de peso).

Carboidratos como a celulose são as principais fontes energéticas para os ruminantes, porém a disponibilidade desse carboidrato em especial varia da total indigestibilidade à total digestibilidade, dependendo do grau de lignificação da forragem (Van Soest, 1994). A lignina é um polímero fenólico que se associa à celulose e às hemiceluloses, aos carboidratos estruturais, durante a formação da parede celular. O teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, devido à incrustação dos polímeros da parede celular, tornando-os indisponíveis à ação bacteriana. O processo de lignificação altera tanto a taxa quanto a extensão da digestão das forrageiras (Van Soest, 1994).

Embora não seja um carboidrato, a lignina está presente na fibra bruta, formando uma composição física com a celulose na parede celular. Por isso, trata-se de um dos parâmetros mais importantes nas determinações do valor nutritivo, pois constitui a fração indigestível (Marques Neto e Ferreira, 1984).

Diversos trabalhos têm demonstrado a importância da suplementação nitrogenada sempre que os restos de cultura forem utilizados na alimentação dos ruminantes, já que estes materiais apresentam níveis proteicos abaixo do recomendado para que haja uma boa atividade fermentativa no rúmen. Níveis mínimos de proteína bruta são necessários; de acordo com Church (1988), estes níveis não devem ser inferiores a 7%. Tal nutriente mostra-se essencial para o ruminante, pois é fonte de aminoácidos e nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, que, por sua vez, será fonte de proteína para o ruminante, que a utilizará para a síntese de tecido e a produção de leite. O nitrogênio aumenta a população de bactérias no rúmen, a qual acelera o desfolhamento da celulose, aumentando a digestibilidade da fração fibrosa dos alimentos. Portanto, a adição de nitrogênio aumenta o teor de proteína bruta, a digestibilidade do material e o consumo de matéria seca. Segundo Marques Neto e Ferreira (1984), o baixo teor proteico dos resíduos agroindustriais contribui para reduzir o consumo voluntário destes.

1.2. Tratamento alcalino de volumosos

Tratamento de volumosos com baixa qualidade nutricional com produtos químicos é um método comumente empregado, mas deve ser avaliado com cautela, pois envolve produtos muitas vezes corrosivos e/ou tóxicos. Portanto, para tal finalidade, esse produto deve ter algumas características necessárias para ser empregado: ser de baixa toxicidade, boa disponibilidade, baixo custo de aplicação e de obtenção, baixo ou nenhum impacto ambiental, fácil aplicação e armazenamento; não ser corrosivo e ter ação rápida sobre o volumoso.

Os diversos produtos químicos utilizados para aumentar a digestibilidade dos volumosos de baixa qualidade são divididos em dois grupos principais, de acordo com a reação que causam na degradação da parede celular. São classificados como hidrolíticos ou oxidantes. Os hidrolíticos, os mais comumente usados, são o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio, o hidróxido de potássio, a amônia anidra e a ureia, e os oxidantes são o ozônio, o peróxido de hidrogênio e o dióxido de enxofre. Essas substâncias atuam como um agente degradador ou solubilizador, facilitando a ação dos microrganismos do rúmen.

A adição de álcalis ao resíduo cultural, aliada ao tratamento mecânico (fragmentação ou moagem), melhora a digestibilidade e a qualidade do material (Marques Neto e Ferreira, 1984). Para que a adição de produtos químicos com o intuito de melhorar a digestibilidade não afete a palatabilidade dos alimentos, as quantidades a serem usadas para atingir o objetivo desejado, ou seja, a deslignificação, devem ser as menores possíveis (Marques Neto e Ferreira, 1984). A adição do álcali em concentrações elevadas, além de influenciar negativamente a palatabilidade dos

alimentos, poderá causar prejuízo físico aos animais (Marques Neto e Ferreira, 1984). O principal efeito do tratamento alcalino das forragens se deve à ocorrência de saponificação das ligações éster com a HCEL, resultando em um aumento do grau de solubilidade em contato com a água e, além disso, parte da fração de HCEL é tornada solúvel (Capper et al., 1977, citados por Moro, 1987). Resultados de estudos sobre resíduos com tratamento alcalino têm sugerido que esse pode interferir na retenção normal de nitrogênio e sobre o balanço de nitrogênio (Moro, 1987).

O tratamento de resíduos de cultura com álcali para aumentar o consumo de energia digestível (ED) foi extensivamente pesquisado, como se vê nas revisões de Jackson (1977), Klopfenstein (1978), entre outros, que concluíram que resíduos tratados com soda cáustica melhoraram o desempenho animal.

Há grande variação na melhoria sobre o valor nutritivo das palhas de cereais tratadas com álcali. Entre as causas dessa variação, estão o tipo de palha e a fonte e a quantidade de alimentos suplementares fornecidos aos animais (Ng'ambi e Campling, 1991). Segundo Kategile e Frederiksen (1979), fatores importantes que afetam o valor nutritivo dos volumosos tratados quimicamente são: natureza do volumoso, natureza do reagente químico, tempo de reação, homogeneização, temperatura e suplementação com nitrogênio. A Figura 1 apresenta a relação entre coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica em relação à quantidade de NaOH utilizado para o tratamento de palha (Fingerling et al., 1923, citados por Homb, 1984).

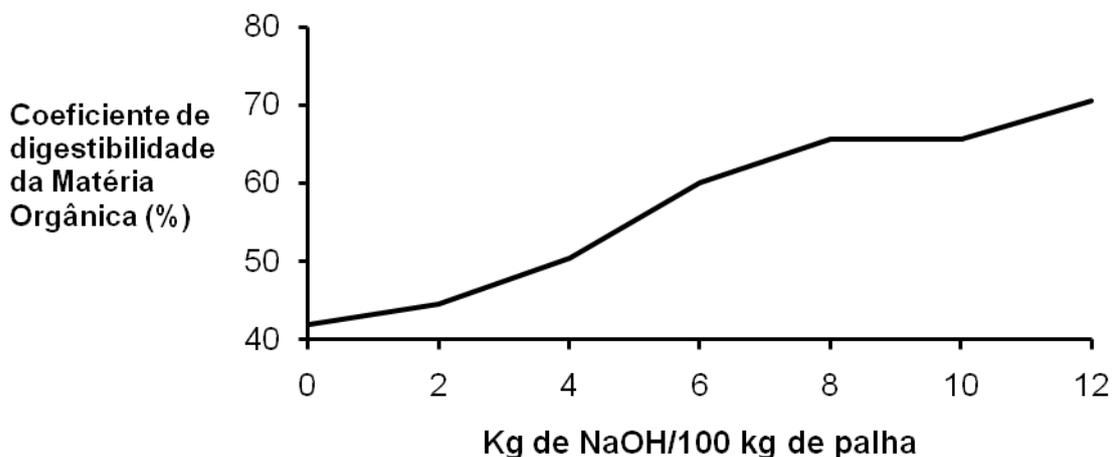


Figura 1. Digestibilidade da matéria orgânica em palha tratada pelo método Beckman com diferentes níveis de aplicação de NaOH (Fingerling et al., 1923, citados por Homb, 1984).

O aumento da digestibilidade, que, na maior parte dos experimentos, é acompanhado por aumento no consumo voluntário, frequentemente é utilizado para expressar a eficácia do tratamento alcalino. Entretanto, a magnitude da resposta animal, em

termos de digestibilidade, é afetada por muitos fatores, e alguns deles são estritamente relacionados ao resíduo de cultura que é obtido e submetido ao tratamento (Ciocca e Prates, 1991).

Wanapat et al. (1985), citados por Moss et al. (1993), compararam vários métodos de tratamento químico de palhas e concluíram que o tratamento úmido da palha com NaOH foi a forma mais eficiente de melhorar a digestibilidade, quando comparado aos métodos com amônia e com tratamento seco com NaOH.

1.3. Métodos de tratamento com NaOH

De acordo com Barros et al. (1985), a utilização de NaOH como agente deslignificante, na alimentação de ruminantes, teve início na Alemanha, no princípio do século XX, com o desenvolvimento do método de Beckman. Esse método consiste na imersão do material em uma solução de 1,5% - 3% de NaOH, seguida de lavagem para retirada do excesso de álcali. O processo melhora a digestibilidade de uma palha, por exemplo, de 40 para 60-70% e, além disso, melhora sua aceitabilidade pelo animal. A lavagem apresenta os inconvenientes de ser trabalhosa, requerer grande quantidade de água (40 l/kg de material), causar perdas de, aproximadamente, 25% da MS inicial, além do fato de o álcali residual constituir um fator de poluição.

Jackson (1977), em uma revisão sobre palha tratada com álcalis, mostrou que o método de Beckman, apesar de aumentar a digestibilidade da palha de 40 para 70%, não é muito usado em razão do seu elevado custo, além de sua difícil industrialização. O procedimento mais utilizado consiste em umedecer a palha, borrifando-a com uma solução de NaOH a 4%. Segundo Saliba (1988), esse método dispensa a lavagem, tornando o processo mais simples e barato. Porém, o sucesso do método depende da distribuição eficiente do álcali sobre o material.

Rexem e Kundsén (1984) relacionaram como restrições da técnica por via seca os inevitáveis resíduos de NaOH e de íons sódio resultantes da soda que reagiu com o material tratado. De 4% de NaOH aplicados em palhas, aproximadamente 1,5% permaneceu após a reação. A persistência desses resíduos pode ser de um ano ou mais, sendo uma das causas da baixa aceitabilidade apresentada pelos alimentos tratados, quando estes são a única fonte de volumoso.

Além da concentração necessária para resposta efetiva, dados relativos à utilização de NaOH sugerem diferenças entre as respostas em ensaios realizados *in vitro* e *in vivo* (Klopfenstein, 1978), e tais diferenças parecem ser maiores em dietas contendo mais de 3% de NaOH (Klopfenstein et al., 1972).

De acordo com Rexem e Thonsem (1976), a quantidade de álcali que reage é dependente da concentração de soda aplicada e do tipo do material tratado, o que reflete na quantidade de íons sódio excedentes. Além disto, a rápida elevação do pH, a mudança na pressão osmótica e os resíduos de fenóis livres deprimem a

ação de microrganismos ruminais e, conseqüentemente, diminuem o consumo voluntário e o tempo de fermentação da celulose devido à maior taxa de diluição. Conjuntamente, os baixos teores de nitrogênio nas palhadas são normalmente insuficientes para a manutenção da microbiota ruminal. Como consequência, maior osmolaridade provoca diminuição da ruminação, da salivacão e na fermentação. Todos estes fatores contribuem e potencializam a redução na efetividade do tratamento por hidróxido de sódio. Esta é uma das justificativas para as diferenças encontradas entre os resultados que usam digestibilidade aparente ou *in vitro*.

Barros et al. (1985) afirmaram que o excesso de NaOH em palhas tratadas com esse álcali parece ser rapidamente convertido, no rúmen, em carbonato ou bicarbonato, não causando, assim, efeito cáustico aos animais. Holzer et al. (1991) também concordam que os níveis de sódio acima dos requisitos, mesmo em grandes quantidades, não causam danos. O requisito de sódio de vacas não lactantes é 0,8g/kg de MS da dieta, mas o nível máximo de tolerância é de 52g/kg, de acordo com o National Research Council - NRC (1989). Sem dúvida, a toxicidade do sódio é baixa, mas é fato que um alto nível de sódio limita o crescimento dos animais criados em sistemas intensivos.

Segundo Jackson (1978), o tratamento das palhadas com NaOH pode ser realizado de duas maneiras: o primeiro processo consiste na pulverização do material previamente triturado, utilizando-se de um pulverizador com pressão. Por meio desse instrumento, gastam-se 100 litros de solução para 100kg de matéria seca (MS). O segundo processo consiste na distribuição da solução alcalina com o uso de um regador sobre a palhada previamente triturada. Nesse caso, o volume de solução é de 200 litros para cada 100kg de MS.

Os métodos por via úmida caracterizam-se por imersão da palha numa solução de 1,5% de NaOH por 18 a 20 horas e a posterior lavagem do álcali residual. O volume de solução recomendado é 8-10 litros/kg de MS, o que equivale a 12-15kg de NaOH/100kg de MS (Jackson, 1978). Esse método proporciona aumentos na digestibilidade da matéria orgânica de 20 a 30% e de 10 a 20% no consumo voluntário (Gonzalez Duarte, 1991), porém ocasiona perdas de MS da ordem de 20 a 25% de material original (Jackson, 1977).

Em comparação ao tratamento por via úmida, o método de aspersão com NaOH apresenta a vantagem de utilizar menor volume de solução, 0,5 - 2L/kg de MS (Kategile e Frederiksen, 1979) e dispensar instalações especiais para o tratamento da palha.

Os estudos de Kategile e Frederiksen (1979) concluíram que de 3 a 6% de NaOH na MS da palha foi a concentração ideal do álcali, quando foi utilizado o método de aspersão. Alguns autores, entre eles Holzer et al. (1991), consideraram factíveis maiores níveis de NaOH/kg de MS, desde que fosse praticada a neutralização com ácido no material tratado, ou quando a inclusão desse na ração não ultrapassasse

50% do volumoso, para evitar possíveis efeitos nocivos do sódio residual no desempenho animal.

Embora o tratamento por aspersão diminua as perdas de MS e seja mais econômico em relação ao método por via úmida, os aumentos na digestibilidade da matéria orgânica são relativamente menores, 10 a 15%, o que pode ser explicado pela menor relação reagente:substrato (Kategile e Frederiksen, 1979).

Existe ainda outra restrição para ambos os grupos de tratamento (via úmida e via seca). Evidências demonstram que todo o sódio excedente é excretado na urina, sem alterar seu conteúdo nas fezes ou no leite. Este fato pode parecer, à primeira vista, vantajoso em relação à produção de leite, porém a urina juntamente com as sobras da forragem tratada e os efluentes resultantes dos tratamentos por via úmida resultam em grave fonte de poluição da água e de solo (Jackson, 1977).

A literatura comprova a eficácia do tratamento de resíduos com soda cáustica, entretanto este método deve ser adotado com muito critério a fim de se evitar danos ao meio ambiente, seja pelo uso exagerado de recursos hídricos, que o método exige, seja pela contaminação com o excesso de sódio no alimento e nos líquidos de excreção dos ruminantes.

1.4. Aspectos químicos do tratamento com NaOH

De acordo com Marques Neto e Ferreira (1984), aumentos da ordem de 30% na digestibilidade têm sido registrados por diversos autores, quando tratam resíduos culturais com NaOH em solução.

A reação química do NaOH com palhas ocorre 93-95% nos primeiros cinco minutos; 97-98%, em uma hora, e a reação completa ocorre em 18 horas (Chandra e Jackson, 1971, citados por Saliba, 1988).

As observações de Jackson (1977) e Klopfenstein (1978) são de que o tratamento alcalino com NaOH produz um grande número de mudanças na composição e organização da PC. Tais mudanças consistem na solubilização parcial das HCEL, lignina e sílica, na hidrólise de ésteres dos ácidos urônico e acético e em uma expansão da celulose. Os autores mostraram que a extensão de solubilização do ácido p-cumárico produzida pelo NaOH tinha uma relação linear com a digestibilidade da celulose, sendo que uma concentração alta de álcali pode modificar morfológicamente a celulose sem que haja perdas de resíduos de glicose. Há autores que sugerem ser a mudança da forma cristalina para uma forma amorfa o que torna a celulose mais digestível, mas, na sua morfologia natural (cristalina), a celulose pode ser prontamente degradada, contanto que seja acessível aos microrganismos do rúmen (Mora et al., 1983).

O conteúdo de lignina geralmente não é reduzido pelo tratamento. Então, o aumento na extensão da digestão da celulose e das hemiceluloses é, provavelmente, devido à quebra das ligações com a lignina, sem atuar na sua remoção, melhorando a digestibilidade da fibra pelo aumento na solubilidade das hemiceluloses e na disponibilidade da celulose e das hemiceluloses (Klopfenstein, 1978).

O tratamento alcalino com NaOH produz mudanças na composição química e na organização da parede celular (Jackson, 1977; Klopfenstein, 1978).

Jackson (1977) mostrou que a celulose incha quando tratada com NaOH, permitindo maior penetração do líquido ruminal. O álcali parece reduzir a força de ligação intermolecular hidrogeniônica nas moléculas da celulose, resultando no inchamento das suas fibras dentro da matriz da parede celular, com decréscimo da cristalinidade, tornando-a mais digestível.

Segundo Mora et al. (1983), o inchamento da celulose em água acontece de duas maneiras:

- inchamento intercristalino: envolve a entrada de água entre unidades cristalinas, com a mudança do volume aproximadamente equivalente ao volume de água absorvido, atingindo um máximo de 30%. A remoção da água devolve a estrutura original;
- inchamento intracristalino: envolve a penetração de água nas regiões cristalinas e amorfas da celulose, levando a novas modificações cristalinas e, em alguns casos, ao inchamento ilimitado, com completa dissolução da celulose (Howsmon e Sisson, 1954, citados por Mora et al., 1983).

Os mesmos autores sugeriram que o NaOH tem capacidade de saponificar as ligações ésteres entre o ácido ferrúlico (precursor da lignina) e as hemiceluloses. Os componentes da fibra em detergente neutro (FDN) são reduzidos pelo tratamento alcalino, porém não acontecem mudanças na fibra em detergente ácido, indicando, portanto, maior remoção de hemiceluloses. Por outro lado, os autores afirmam ser possível que o tratamento alcalino cause alguma hidrólise da proteína associada à parede celular. Nem sempre esse tratamento mostra-se eficiente, pois notaram que o resíduo de soja ficou praticamente inalterado após o tratamento com NaOH, o que parece ser devido a diferenças estruturais dos componentes da parede celular no resíduo da leguminosa, isto é, falta de ligações ésteres fracas entre a lignina e os carboidratos da parede celular. Nesse caso, o tratamento ácido é mais eficiente.

Há diferentes tipos de ligações entre os carboidratos e a lignina, algumas álcali-lábeis (ligações ésteres), enquanto outras álcali-estáveis, que só são hidrolisadas por meio de tratamento com ácido. A lignina de leguminosas parece ser mais condensada e potencialmente menos reativa do que a lignina de gramíneas (Jung e Farey, 1983, citados por Saliba, 1988).

A associação físico-química entre a lignina, os polissacarídeos da parede celular e o grau de cristalinidade dentro do polímero de celulose são os fatores mais importantes que influenciam o valor nutritivo (Flachowsky e Sundstol, 1988).

O processamento úmido ou a seco de grãos de cereais melhora a eficiência de utilização do amido por aumentar o acesso aos grânulos de amido por enzimas dos microrganismos do rúmen e/ou do trato digestivo do animal (Schlink, 1990). Em trabalho realizado por Chen et al. (2008), os autores estudaram o efeito do tratamento da palhada de arroz tratada com hidróxido de sódio nas características fermentativas, na atividade de enzimas com atividade celulolítica e sobre a população microbiana ruminal. Observaram que o perfil de fermentação da palhada com adição de hidróxido de sódio foi típico de alimento rico em forragem com altos teores de acetato. Houve um aumento no total de ácidos graxos voláteis produzidos em relação à palhada não tratada, principalmente na concentração de propionato. Também há um aumento da população microbiana com ação celulolítica como o *Ruminococcus flavefaciens* e o *Fibrobacter succinogenes*, assim como há atividades das enzimas produzidas por esses organismos, principalmente das celulasas e das xilanases em relação à palhada não tratada. Esse aumento é devido a um aumento da exposição e do ataque das ligações lignina-celulose, permitindo maior ataque bacteriano.

1.5. Volumosos

1.5.1. Palhadas em geral

As palhadas geralmente apresentam baixo valor nutritivo, sendo constituídas principalmente por parede celular, com valores acima de 70%, altamente lignificada e de baixa digestibilidade, com baixo conteúdo proteico, carboidratos de reserva e de minerais. Seu consumo geralmente é limitado a 2% do peso vivo do bovino por dia, em decorrência da baixa taxa de fermentação que este alimento sofre no rúmen. As palhas contêm aproximadamente 80% de substâncias potencialmente digestíveis e, portanto, representam uma potencial fonte de energia. Sua constituição química é bastante variada, dependendo de fatores como espécie ou cultivar, estágio de maturação da planta, tipo e quantidade de fertilizante utilizado, clima e condições de armazenamento. A palha de soja tem o mais baixo teor de parede celular, porém apresenta as maiores porcentagens de fibra bruta e lignina (Jackson, 1978; Marques Neto, 1984).

Palhadas de pequenos grãos apresentam baixo valor nutritivo, sendo, geralmente, a do trigo a de menor qualidade e a de cevada ligeiramente melhor. Normalmente o teor de lignina alto é a causa principal de seu baixo valor nutritivo. Nas palhadas de arroz, deve ser considerado o alto teor de sílica, sendo um potencial agente causador de lesões no trato gastrointestinal (Jackson, 1977).

O consumo e a digestibilidade das palhas parecem melhorar por meio do tratamento com NaOH, sendo que a concentração ideal de NaOH varia de 3 a 5% da MS (Klopfenstein, 1978; Kategile e Frederiksen, 1979). Rexen e Thomsen (1976)

sugeriram o tratamento químico a seco de palhas com NaOH. Estes autores avaliaram palhas de cevada, aveia, centeio, trigo e feno de azevém e observaram que o tratamento da palhada com até 7% de NaOH (% da MS da palha) aumentou linearmente a digestibilidade enzimática, a digestibilidade *in vitro* e também a taxa de digestão. A digestibilidade em ovinos aumentou na mesma proporção que o NaOH até os níveis de 4-5%, mas não acima. Apesar de o processo omitir a lavagem do excesso de base do produto, o NaOH, que não reagiu, não resultou em nenhum problema.

Ao tratar subprodutos fibrosos de monocotiledôneas com NaOH, Flachowsky e Sundstol (1988) obtiveram um aumento na digestibilidade com níveis de 5 a 8% de álcali. Esse tratamento para dicotiledôneas (palha de soja, talos de algodão e cascas de sementes de girassol) foi menos eficaz. No trabalho de Shariff e Gupta (1989) sobre os efeitos de vários tratamentos alcalinos no desaparecimento da matéria seca e da celulose de palhas, por meio da técnica dos sacos de náilon incubados no rúmen, os autores observaram que a retenção de palhas no rúmen afetou o consumo de matéria seca e, portanto, a disponibilidade líquida de nutrientes para o animal e aumentou o desaparecimento de matéria seca e celulose dos sacos de náilon suspensos no rúmen. Moss et al.(1990), usando ovinos, estudaram as modificações na energia digestível (ED) e na digestibilidade *in vivo* de palhas de trigo, cevada e aveia, as quais ocorreram devido ao tratamento com 45kg de NaOH/t de matéria seca. Esse tratamento reduziu o conteúdo de hemiceluloses da matéria seca, e isso resultou em um aumento de celulose e lignina na parede celular remanescente. Ng'ambi e Campling (1991), estudando os efeitos no consumo voluntário e na digestibilidade das palhadas de cevada, aveia e trigo tratadas com NaOH para novilhos, encontraram aumentos de consumo da ordem de 31% para palha de cevada, 9% para palha de aveia e 1% para palha de trigo, e os aumentos de digestibilidade correspondentes foram 36, 13 e 24%, respectivamente.

1.5.2. Forragens de baixa qualidade

Klopfenstein et al. (1972), em ensaio realizado com ovinos, ensilaram o pé de milho com concentrações de 0, 3 e 5% de NaOH. Os tratamentos com 3 e 5% de NaOH aumentaram significativamente a digestibilidade da matéria orgânica em relação ao pé de milho não tratado. No entanto, não houve diferença significativa entre os níveis de 3 e 5%, indicando que forragens de baixa qualidade podem ser tratadas com ambos os níveis.

Utilizando os volumosos palha de arroz, capim-elefante, palha, pé e sabugo de milho tratados com NaOH nos níveis 0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% durante os tempos de embebição de 0, 3, 6, 9 e 12 horas, nas temperaturas ambiente, 100°C (estufa) e autoclavagem a 127°C, Rezende (1976) constatou que, à medida que foram sendo aumentadas a temperatura e as concentrações, aumentaram também as médias de digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica. Constatou, ainda, que os melhores coeficientes de digestibilidade em termos absolutos, considerando tempo, concentração de NaOH e temperatura foram:

- milho, planta inteira: 9h de embebição, temperatura de autoclave, na concentração de 1,5% de NaOH;
- sabugo de milho: 3h de embebição, temperatura de autoclave, na concentração de 2,0% de NaOH;
- palha de milho: 9 e 12h de embebição, nas temperaturas ambiente e de autoclave, na concentração de 2,0% de NaOH;
- capim-elefante: 9h de embebição, na temperatura de autoclave, na concentração de 2,0% de NaOH.

Segundo Owen e Jayasuriya (1989), o tratamento alcalino com NaOH utilizou grandes quantidades (180g de NaOH/kg de MS da palha em 26 litros de solução por 16h, seguido pela secagem). O método de imersão em NaOH é uma técnica que melhora a qualidade e é a mais efetiva, e, apesar de não requerer alta tecnologia, é capaz de produzir forragem tratada de maior digestibilidade e conteúdo ótimo de nitrogênio e minerais.

Mendonça (1992), em experimento com ovinos, constatou que o capim-elefante maduro, quando tratado com NaOH, leva a um consumo voluntário de MS mais alto do que quando não tratado. Além disso, a hidrólise alcalina do capim aumentou significativamente ($p < 0,05$) a retenção de nitrogênio e a digestibilidade aparente da MS, da FDN e das hemiceluloses.

Em estudo com feno de capim-jaraguá submetido ao tratamento com NaOH (4% da matéria natural), Oliveira (1996) não observou efeito positivo sobre o consumo e no valor nutricional deste. Concluiu que a falta de suplementação deste feno com uma fonte de nitrogênio levou a esses resultados.

As Tabelas 2 e 3 do trabalho de Rexen (1979) mostram o efeito positivo do tratamento com NaOH sobre forragens de baixa qualidade.

Pereira Filho et al. (2003), estudando o efeito do tratamento com hidróxido de sódio (NaOH) na fração fibrosa, no teor de tanino e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do feno de jurema-preta, observaram que o tratamento com NaOH proporcionou efeito linear decrescente nos teores de matéria seca, hemiceluloses e tanino, enquanto, para fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, ocorreu efeito quadrático. A proteína bruta não foi afetada, e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) melhorou com o aumento da concentração de NaOH.

Com o objetivo de estudar o efeito do NaOH a 6% nas folhas verdes e secas de cana-de-açúcar, no miolo da cana e nas palhas de cevada, trigo e arroz, Stuart (1988) constatou que a digestibilidade das folhas secas de cana foi 33%. O valor para as folhas verdes foi 37,4%, não diferindo significativamente das palhas de trigo e de arroz. A digestibilidade de todos os resíduos tratados foi 56-58%, exceto para a palha de cevada, que foi significativamente maior (62,8%). Dessa forma, houve um maior aumento da digestibilidade dos materiais com um maior conteúdo de lignina, tais como o miolo do bagaço e as folhas secas da cana.

Tabela 2. Aumento da digestibilidade *in vitro* de resíduos agroindustriais após o tratamento com NaOH (5% da MS), expresso em porcentagem da matéria orgânica (%/MO).

Digestibilidade <i>in vitro</i> (% da MO)			
Alimento	Antes do tratamento	Após o tratamento	Aumento
Palha de cevada	45,3	66,3	21
Palha de aveia	54,5	73,6	19,1
Palha de trigo	51,1	64,1	13
Palha de centeio	46,7	64,5	17,8
Palha de arroz	39,1	70,1	31
Azevém	46,3	74,2	27,9
Rami	49,7	72,9	23,2
Sorgo	41,1	72,9	31,8
Sabugo de milho	38,1	68,4	30,3
Milho planta inteira	56,1	74,6	18,5

Fonte: Rexen (1979).

Tabela 3. Componentes da parede celular dos resíduos agroindustriais tratados: FDN (fibra em detergente neutro), HCEL (hemiceluloses), CEL (celulose), lignina e FDA (fibra em detergente neutro), expressos em porcentagem da matéria seca (%/MS).

Porcentagem da matéria seca					
Produto	FDN	HCEL	CEL	lignina	FDA
Palha de cevada não tratada	79,9	28,5	43,4	7,9	51,3
Tratada com 4% de NaOH	67,7	16,1	43,4	8,2	41,6
Palha de trigo não tratada	80,5	31,4	42	7,1	49,1
Tratada com 5% de NaOH	70,9	20,2	42,8	7,9	50,7
Palha de arroz não tratada	80,7	34,3	39,6	6,3	45,9
Tratada com 5% de NaOH	69,7	25,2	39,7	4,8	44,5
Rami não tratado	77,9	28,4	43,1	6,4	49,5
Tratado com 5% de NaOH	68,3	18,4	43,9	6	49,9
Sorgo não tratado	81,4	31,6	42,2	7,6	49,8
Tratado com 5% de NaOH	70	20,5	42,5	7	49,5
Sabugo de milho não tratado	92,1	44,1	41,4	6,6	48
Tratado com 5% de NaOH	74,4	29,3	40,3	4,8	45,1

Fonte: Rexen (1979).

1.5.3. Sabugo de milho

Em três experimentos, nos quais trataram sabugos de milho com concentrações de NaOH de 0; 1,67; 2,5; 3,33; 5,0; 7,5 e 10,0kg de NaOH/100kg de MS de sabugo, Kategile e Frederiksen (1979) encontraram, em todos os casos, aumentos da digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, constituintes da parede celular,

energia e fibra bruta e concluíram que 5kg de NaOH/100kg de matéria seca foi a quantidade ótima tanto para a digestibilidade quanto para o consumo voluntário. Avaliaram, também, o volume de solução de NaOH, que variou de 25 a 200 litros/100kg de matéria seca de sabugo, e estabeleceram o volume mínimo de 50litros/100kg.

Estudando as diferenças nas digestibilidades *in vitro* e *in vivo*, relacionadas à digestão ruminal da fibra potencialmente digestível com tratamento com níveis crescentes de NaOH, Berger et al. (1979) utilizaram concentrações de NaOH de 0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10% na matéria seca do sabugo para obter 0, 2, 4, 6 e 8% de NaOH na dieta completa, composta por 80% de sabugo e 20% de suplemento. A digestibilidade *in vivo* da MS foi 5, 12 e 5% menor do que a *in vitro* nos níveis de 4, 6 e 8% de NaOH, respectivamente. Detectaram, ainda, grandes aumentos na fibra potencialmente digestível com o tratamento com os níveis crescentes de NaOH. Entretanto, algumas fibras escaparam da digestão microbiana no rúmen, possivelmente devido à diminuição do tempo de retenção ruminal e/ou diminuição da atividade celulolítica.

1.5.4. Palhada de trigo

Tratando quimicamente palha de trigo com NaOH a 3 ou 4%, Lesoing e Klopfenstein (1981) obtiveram um aumento nas digestibilidades de CEL e HCEL, concluindo que 4% de NaOH foi o melhor nível para o tratamento.

Thiago e Kellaway (1981), trabalhando com oito novilhas Holandesas, que se encontravam em um piquete de resteva de trigo e recebiam palha de trigo enfardada, após tratamento com 40g de NaOH/kg de palha, observaram ganho de peso de 23 g/cab/dia. A digestibilidade da matéria orgânica expressa na MS *in vitro* foi 38 e 53% para palhas não tratadas ou tratadas com soda cáustica, respectivamente.

Dois experimentos com cordeiros foram conduzidos por Hunt et al. (1984) para determinar os efeitos do tamanho da partícula (TP:2,5 vs 10cm) e do tratamento com NaOH (0 vs 4%) da palha de trigo no consumo de MS e no sítio, e na extensão de digestão da MS e da FDN. O tratamento com NaOH da palha de trigo com 2,5cm aumentou a taxa de passagem e a fermentação da FDN no trato digestivo posterior, enquanto o tratamento na palha com 10cm não teve efeito sobre a taxa de passagem e aumentou a fermentação de FDN no rúmen. A palha tratada com NaOH teve um menor tempo de retenção ruminal comparada com a palha não tratada (32,2 vs 39,8 horas). Os processamentos físico e químico indicam que as forragens de baixa qualidade podem produzir uma mudança no sítio e na extensão da digestão. O tratamento da palha com NaOH aumentou a ingestão e a digestibilidade. As dietas com palhas de menor TP resultaram em um maior consumo de MS, mas em menores digestibilidades de MS e FDN, comparadas com dietas com palhas de maior TP. Com NaOH, houve maior mudança do sítio de digestão ruminal para pós-ruminal, para palha de 2,5cm do que para a de 10cm.

O tratamento alcalino da palha de trigo feito por Ciocca e Prates (1991) aumentou o consumo voluntário em relação à não tratada (55,1 vs 37,5g de MS/kg^{0,75}/dia) e as digestibilidades da MS, matéria orgânica e FDN, além de ter elevado a retenção nitrogenada em relação à palha não tratada.

Raj et al. (1987) observaram que houve melhorias no consumo e na diminuição da quantidade de nitrogênio amoniacal disponível no ambiente ruminal, quando amostras de palhada de trigo eram tratadas com hidróxido de sódio sob pressão. Descreveram, ainda, que o tratamento de hidróxido de sódio mais vapor levava a uma quantidade maior de nitrogênio solúvel e ácidos graxos voláteis se comparado ao material que não sofreu tratamento. Os autores concluíram que os tratamentos que utilizam hidróxido de sódio e vapor conjuntamente são uma boa opção para a melhoria de alimentos de baixa qualidade para a alimentação de ruminantes, assim como para a melhoria dos padrões de fermentação ruminal e aproveitamento energético da palha de trigo.

1.5.5. Palha de cevada

A palha de cevada foi tratada com 0, 2 e 4% de NaOH por Flachowsky e Sundstol (1988), resultando em um aumento na degradabilidade da MS de 5,6% para cada 1% de NaOH. Comparada com a palha de cevada imersa em água pura (57,4%), a palha imersa em soluções contendo 0,71 e 1,5% de NaOH mostrou uma digestibilidade *in vitro* de 80,9 e 83%, respectivamente.

Wrathall et al. (1989) imergiram pequenos fardos (69kg) de palha de cevada por 45 minutos em uma solução contendo 11g de NaOH/kg e 7g de ureia/kg e estocaram por três a seis dias, que depois foram fornecidos sem picar. A aplicação de NaOH foi de 50g/kg de MS de palha. A degradabilidade ruminal da MS da palha medida, utilizando-se sacos de náilon em caprinos fistulados, mostrou que as palhas tratadas tiveram taxas de degradação comparáveis e maiores do que aquelas da palha não tratada. Concluíram que a imersão em uma solução de NaOH e ureia foi um método efetivo para otimizar a palha para caprinos, além de ser também adequada para uso por pequenos proprietários rurais.

Em um estudo que compara o comportamento alimentar e a ruminação em ovinos e caprinos, Masson et al. (1989) forneceram palha de cevada tratada e não tratada com soda. A palha foi tratada pela via semiseca, utilizando-se 12 litros de detergente de soda a 30% para 100kg de palha, o que representou uma taxa de soda incorporada de 4%. O tratamento da palha com soda aumentou o consumo voluntário em 30 e 47%, respectivamente, em caprinos e ovinos. Com a palha tratada, a taxa de consumo cresceu mais em caprinos (58%) do que em ovinos (30%). O tempo de mastigação foi maior para ovinos do que para caprinos, e a taxa de mastigação aumentou mais em caprinos (58%) do que em ovinos (18%). O consumo de água foi mais baixo em caprinos em ambas as dietas (em média 5,3 e 6,2mL/g de MS consumida, respectivamente, em caprinos e ovinos). Verificou-se que o tratamento da palha com soda melhorou o nível de ingestão em caprinos (46% contra 30% para os ovinos).

Phipps et al. (1990) alimentaram 141 vacas *ad libitum* com silagem de gramínea ou uma mistura contendo silagem de gramínea e 15, 25 ou 40% de palha de cevada não tratada ou tratada com 4% de NaOH. A palha tratada aumentou significativamente a ingestão de forragem e a produção de leite, comparada à palha não tratada. As produções de gordura do leite, proteína e lactose para os tratamentos com palha tratada foram maiores do que para palhas não tratadas. O uso do NaOH foi efetivo para aumentar o valor nutritivo da palha de cevada, de acordo com os coeficientes de digestibilidade da MS, matéria orgânica, fibra em detergente ácido e energia bruta e com os conteúdos de energia metabólica medidos *in vivo*. Também causou maior ganho de peso vivo e aumentou o consumo de água.

1.5.6. Palha de feijão

Gonzalez Duarte (1991) utilizou o tratamento com NaOH (5% da MS) da palha de feijão, com os objetivos de avaliar o desempenho (ganho de peso) de novilhos alimentados com ração à base de palha de feijão e de determinar a digestibilidade e o consumo voluntário da ração oferecida e compará-la a um tratamento controle (palha sem NaOH), ao tratamento da palha com hidróxido de amônia (NH₄OH) e à silagem de milho. O tratamento alcalino mostrou remoção dos componentes estruturais, principalmente das hemiceluloses. Não houve diferença estatística para a digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e energia bruta entre os tratamentos, mas a digestibilidade da proteína bruta (PB) foi maior com o uso do NaOH, além também da MS digestível. O autor concluiu que a palha de feijão tratada com NaOH poderia substituir a silagem de milho nas rações de bovinos suplementados com concentrados, sem prejudicar o ganho de peso.

1.5.7. Palha de soja

Felix et al. (1990) avaliaram os efeitos do tratamento da palha de soja com vários álcalis (NaOH, hidróxido de cálcio e hidróxido de amônia) mais a ensilagem, sobre a digestibilidade de vários nutrientes e sobre a retenção de nitrogênio em ruminantes. Os resultados desse estudo não forneceram evidências convincentes de que os tratamentos com álcali por si só resultassem em melhoras significativas na digestibilidade da palha de soja. Em geral, a ensilagem pareceu ser tão efetiva quanto os tratamentos com álcali em seus efeitos sobre a digestibilidade, com as diferenças entre ambos os tratamentos, na maioria dos casos, sendo não significativas. Os dados de digestão tanto *in vitro* quanto em cordeiros não mostraram nenhuma melhora na digestão da fibra. Em adição, nenhuma das palhas tratadas resultou em melhoras proporcionais de digestibilidade acima do controle que excedesse 0,5. Também, o tratamento com álcali pode não ser um método prático para tornar a palha de soja uma forragem mais utilizável por ruminantes.

1.5.8. Palha de girassol

O consumo voluntário, a digestibilidade, o balanço de nitrogênio e o valor energético de palha de girassol tratada com NaOH (40g/kg) foram determinados em caprinos por

Boza et al. (1987). Esses autores concluíram que o tratamento alcalino utilizado resultou em um volumoso de qualidade ainda baixa, sendo que o seu custo excedeu seu efeito benéfico.

1.5.9. Palha de arroz

O trabalho de Rai e Mudgal (1987) demonstrou o efeito associativo dos tratamentos com diferentes níveis de NaOH (0, 3, 5, 7, 9 e 12%) e pressão de vapor por uma ou duas horas, nas mudanças de composição da palha de arroz e digestibilidade dos componentes da fibra pelos microrganismos do rúmen. Devido ao efeito sinérgico dos tratamentos, houve solubilização significativa de polissacarídeos estruturais, como PC, FDA, HCEL, CEL e sílica, resultando em valores aumentados dos conteúdos celulares. Os conteúdos de cinzas e lignina no material tratado também aumentaram. Mesmo no menor tempo de duração, houve um grande aumento da digestibilidade dos componentes da fibra da palha de arroz.

Liu et al. (1988), usando uma solução de NaOH a 4% para tratar a palha de arroz, levaram a um aumento da degradabilidade ruminal da PB. Quando a palha de arroz tornou-se mais potencialmente digestível pelo tratamento alcalino, a suplementação de nitrogênio aumentou o consumo da palha. Em outro trabalho, Liu et al. (1989), utilizando três ovinos, estudaram os efeitos do tratamento da palha de arroz com NaOH, fornecida sozinha ou suplementada com 200g de farelo de soja/dia. Esse tratamento aumentou significativamente a digestibilidade dos nutrientes da palha de arroz, inclusive a do nitrogênio, e reduziu a perda de nitrogênio urinário.

Santos e Prates (1988) tiveram como objetivo avaliar os efeitos de vários tratamentos químicos: NaOH, KOH, Ca (OH)₂ e cloreto de sódio (NaCl), nos níveis de 0, 4 e 8% da MS, sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da palha de arroz, submetida a duas formas de conservação, seca e úmida. Os álcalis testados foram efetivos em melhorar a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, cabendo ao NaOH a primazia de ser aquele que melhor incremento causou nessa digestibilidade.

Wang et al. (2006) avaliaram a influência dos tratamentos com hidróxido de sódio (NaOH) e bicarbonato de amônia (NH₄HCO₃) sobre as estruturas da palha de arroz e na degradação ruminal. Diferentes concentrações de NaOH e NH₄HCO₃ foram aplicadas à palha de arroz, a fim de se investigar os efeitos sobre as mudanças na histologia da palha de arroz antes e depois de ensaios de degradabilidade *in situ* por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). Os autores observaram que o tratamento com NaOH 30g/kg de MS destruiu todas as estruturas anexas à camada cuticular da epiderme, enquanto o mesmo comportamento não foi observado no tratamento com NH₄HCO₃. Após experimento de degradação ruminal, notaram que a epiderme e todas as suas estruturas foram degradadas pela ação do NaOH na palha tratada, no entanto a epiderme e as suas estruturas permaneceram intactas no material não tratado e no material tratado com NH₄HCO₃, mesmo após 48 horas de incubação. De acordo com

os autores, os resultados indicam que, no caso da palha de arroz, a camada de cutícula da epiderme é uma importante barreira para a microbiota ruminal, impedindo o contato com o conteúdo celular e sua degradação, mas o tratamento químico da palhada pode dissolver, no caso do hidróxido de sódio, ou quebrar, no caso da NH_4HCO_3 , essa camada, e este efeito aumentaria à medida que se aumenta a concentração do químico. Com a dissolução da cutícula, a epiderme do material tratado com NaOH pode ser degradada pela microbiota ruminal, no entanto a fissura criada na cutícula pela quebra deste, pelo tratamento com NH_4HCO_3 , não foi suficiente para permitir o acesso da microbiota à epiderme, levando à não degradação desta e resultando em menor aproveitamento da palha de arroz na fermentação ruminal, quando comparada com o tratamento com NaOH.

Os altos conteúdos de lignina e sílica na casca de arroz são os dois principais fatores responsáveis por suas baixas palatabilidade e digestibilidade (Singh e Gupta, 1987). Esses autores trataram amostras de casca de arroz, pelo método *spray*, com cinco níveis de NaOH (0, 2,5, 5, 7,5 e 10%). A degradabilidade ruminal da MS, FDN, FDA, HCEL, CEL e lignina aumentou significativamente com níveis crescentes de NaOH usados.

1.5.10. Resíduo de cultura de milho

Moro (1987) trabalhou com cinco ovinos adultos canulados no duodeno e íleo para estudar consumo, digestibilidade aparente e locais de digestão de matéria orgânica e nitrogênio do rolão de milho, rolão de milho tratado com 4% de NaOH e rolão de milho tratado com 4% de NaOH, acrescido de 0,5% de ureia. O tratamento com NaOH não foi efetivo na melhoria do valor nutritivo do rolão de milho. Ao contrário, causou efeitos negativos no balanço de nitrogênio e nos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica e do nitrogênio. Os locais de digestão foram afetados pelo tratamento, ocorrendo uma menor digestão no intestino grosso e, em consequência, uma tendência ao deslocamento do sítio de digestão para o rúmen. A adição de ureia mostrou-se positiva, no sentido de anular os efeitos negativos do tratamento com NaOH. O rolão de milho utilizado nesse experimento mostrou ser um alimento de bom valor nutritivo, não justificando, portanto, o emprego do NaOH nem a adição de ureia, em função da alta eficiência de síntese de proteína microbiana e do balanço de nitrogênio.

Segundo Ramirez et al. (1992), a palha de milho é uma forragem de baixa qualidade, que é muito volumosa e, por isso, possui um alto custo para ser transportada e é difícil de ser estocada. Ela consiste, principalmente, de componentes estruturais lignocelulósicos. O grau de lignificação dos polissacarídeos atua como uma barreira à sua degradação pelos microrganismos (Jackson, 1978). O tratamento químico da palha de milho pode aumentar a digestibilidade por causar aumento da solubilidade da lignina devido à diminuição do comprimento das ligações entre lignina e polissacarídeos (Van Soest, 1982).

Kategile e Frederiksen (1979) estudaram os restos de uma cultura de milho com a finalidade de determinar a quantidade ótima de NaOH requerida para melhorar o coeficiente de digestibilidade, sem afetar o consumo voluntário do material tratado. Os melhores resultados foram obtidos quando se utilizaram 5kg de NaOH em 100kg de MS.

O objetivo de Saliba (1988) foi determinar o valor nutritivo do resíduo de cultura de milho tratado quimicamente com NaOH e suplementado com ureia, comparado com o resíduo de cultura de milho sem tratamento químico, mas suplementado com ureia. Foram utilizados carneiros implantados com cânulas no rúmen, duodeno e íleo. O uso de NaOH aumentou o consumo de MS, causou maior digestibilidade da MS, maiores consumos de ED e de EM. O tratamento com NaOH diminuiu a concentração de componentes estruturais (CEL, HCEL e lignina) do resíduo de cultura de milho, aumentando o consumo e a digestibilidade aparente da MS, permitindo, com isso, maiores consumos de ED e EM.

Com ovinos castrados, alimentados com dietas contendo palha de milho não tratada ou tratada com uma solução de cinzas de madeira ou uma solução de NaOH (4g/100g de palha de milho), Ramirez et al. (1992) concluíram que, apesar de não ter havido diferenças nas digestibilidades de FDN e FDA nos carneiros alimentados com dietas contendo palha de milho tratada com cinzas de madeira ou NaOH, ambas as digestibilidades foram maiores do que as de FDN e FDA, nos ovinos controle. Caprinos castrados foram alimentados com a mesma dieta e responderam de maneira semelhante aos carneiros.

Wilke (1992) tratou palha de milho com 5% de NaOH e a forneceu a cabras com idade entre 14 e 18 meses. Esse tratamento resultou em um decréscimo de 12% no consumo voluntário, apesar de a digestibilidade aumentar em 17%, o que pode ser explicado pelo baixo conteúdo de PB da palha de milho, o qual resultou numa limitada atividade microbiana, limitando a utilização dos alimentos. Os resultados dessa pesquisa indicaram que, para usar a palha tratada com NaOH como dieta de manutenção para cabras leiteiras não lactantes, esta deve ser acrescida de um suplemento proteico.

1.5.11. Palha de aveia

O efeito do tratamento com hidróxido de sódio na composição química, digestibilidade e conteúdo de energia digestível da palha de aveia foi avaliado por Moss et al. (1990). O tratamento causou a redução do conteúdo de HCEL da MS, e isso resultou em um aumento do conteúdo de CEL e lignina da PC remanescente. Pareceu que o valor nutritivo inicial da palha não teve efeito no grau de resposta ao tratamento.

O tratamento da palha de aveia com NaOH, realizado por Ng'ambi e Campling (1991), aumentou o conteúdo de cinzas de 52 para 113g/kg de MS. Esse tratamento aumentou o consumo voluntário de 5,85 para 6,29kg de matéria orgânica/dia, devido a um aumento do consumo voluntário de palha de 3,93 para 4,30kg de matéria orgânica/dia. Os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica e da palha

aumentaram devido ao tratamento com NaOH; a digestibilidade da palha passou de 0,56 para 0,63 de matéria orgânica. O consumo voluntário da matéria orgânica digestível da palha de aveia aumentou 26% devido ao referido tratamento.

1.5.12. Bagaço de cana-de-açúcar

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo. Sua área cultivada é acima de três milhões de hectares. O bagaço, subproduto mais importante da indústria açucareira, não é totalmente utilizado como fonte de combustível, e há muitos estudos sobre o bagaço em dietas para ruminantes; mas o bagaço não processado usado para substituir fontes de forragem resultou num consumo pobre e numa produção animal abaixo do padrão (Abdalla et al., 1990).

O trabalho de Molina et al. (1983), sobre o valor nutritivo do bagaço de cana ensilado por 90 dias, após aplicação de vários níveis de NaOH sob a forma de *spray*, para ovinos, mostrou que a estabilidade do produto tratado, sob o ponto de vista microbiológico, durante o período de ensilagem ou quando exposto ao ar, foi bom. A presença de NaOH no silo inibiu o desenvolvimento de bactérias e fungos, um efeito que foi, provavelmente, intensificado pelo reduzido conteúdo de carboidrato solúvel do substrato. Os consumos médios diários foram 29,8, 34,7, 44,7 e 40,6g/kg PV^{0,75} para dietas contendo bagaço tratado com 0, 20, 40 e 60g de álcali/kg de produto seco, respectivamente. A digestibilidade da matéria orgânica do bagaço de cana aumentou de 32,6 para o produto tratado com água, para 56,8% para o maior nível de álcali.

Avila (1989) avaliou o valor nutritivo do bagaço de cana tratado com NaOH em diferentes proporções na dieta de ovinos. À medida que aumentou o teor de bagaço tratado na ração, diminuíram a digestibilidade e o consumo dela. Porém, o efeito mais evidente é sobre o consumo. Proporções de bagaço variando entre 30-35% na ração permitem a obtenção dos maiores valores de energia e proteína digestíveis, bem como maiores retenções de nitrogênio em função da energia consumida. Para efeito de formulação de rações, podem ser considerados valores de 1,7 e 2,1 Mcal/kg de MS de bagaço tratado, de EM e ED, respectivamente.

Ezequiel et al. (2005) tiveram como objetivo estudar o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar com hidróxido de sódio (1,5 a 50% de NaOH) sobre a digestibilidade total e o consumo de matéria seca das dietas experimentais e as taxas de passagem das canas-de-açúcar. Foram utilizados quatro tratamentos, sendo eles: CAN (cana-de-açúcar *in natura*); CH (cana-de-açúcar hidrolisada, mesma variedade do tratamento CAN foi picada e hidrolisada com NaOH 50%) (1,5% PV) no momento em que a forragem era cortada pelas facas da picadeira hidrolisadora HIDROCANA; FEN (cana-de-açúcar hidrolisada fenada, logo após o mesmo tratamento de hidrólise, o material ficou exposto ao sol por aproximadamente oito horas, disposto em camada fina [máximo 1cm] em terreno cimentado, até atingir 85% de matéria seca); e SIL (cana-de-açúcar hidrolisada ensilada, logo após a hidrólise, o material foi compactado em silo tipo trincheira, que permaneceu fechado por 30 dias). Foram utilizados quatro bovinos mestiços (Zebu x Holandês), com peso médio de 700kg, providos de cânula ruminal,

recebendo dieta composta de volumoso e concentrado na relação 70:30 na matéria seca, com o objetivo de maximizar o efeito das canas-de-açúcar. O tratamento alcalino foi mais eficiente na fração fibra, proporcionando aumentos de pelo menos 45% na digestibilidade. Os aumentos de 25,0 e 16,7% no consumo das dietas contendo as canas-de-açúcar hidrolisadas (1,5% PV) e hidrolisadas fenadas (1,4% PV) provavelmente foram influenciados pela maior digestibilidade da fibra. Os valores estimados de taxa de passagem ruminal no ceco-cólon e o tempo de retenção em cada compartimento não diferiram entre as canas-de-açúcar *in natura*, hidrolisadas e hidrolisadas fenadas. Entretanto, para a cana-de-açúcar hidrolisada ensilada, observaram-se as menores taxas (1,5 e 7,4%/h) e o maior tempo de retenção (71,4 horas). Concluiu-se que o tratamento alcalino com hidróxido de sódio, com ou sem fenação, melhorou a digestão da fibra da cana-de-açúcar no trato digestivo total e proporcionou acréscimo do consumo de matéria seca da cana-de-açúcar hidrolisada, sem afetar a taxa de passagem. A posterior ensilagem, no entanto, pode não trazer esses benefícios.

O objetivo do trabalho de Abdalla et al. (1990) foi avaliar o consumo e a eficiência do bagaço de cana tratado com 5% de NaOH em uma dieta isoproteica, de manutenção, para ovinos. O consumo de MS, a produção de lã e mudanças de peso foram anotados para cada animal. O consumo de MS para animais alimentados com feno foi significativamente melhor ($p < 0,01$). A produção de lã e a mudança de peso vivo não diferiram entre as dietas experimentais. Os resultados sugerem que o bagaço de cana tratado pode ser usado estrategicamente em uma dieta de manutenção para ovinos durante períodos de baixa disponibilidade de forragem, reduzindo perdas na eficiência.

Pires et al. (2006) tiveram como objetivo avaliar a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (MS) do bagaço de cana-de-açúcar contendo 60% de MS submetido a doses crescentes de hidróxido de sódio (NaOH) em diferentes períodos de tratamento. O bagaço foi acondicionado em baldes plásticos com capacidade de 10 litros e permaneceu em câmara climática à temperatura constante de 25°C. A solução de NaOH foi adicionada ao bagaço nas respectivas dosagens de 0; 2,5; 5 e 7,5% na MS por meio de um pulverizador. Após a homogeneização, o material foi armazenado nos baldes correspondentes a cada repetição, os quais permaneceram abertos nos respectivos períodos de tratamento (um, três, cinco e sete dias). Os autores concluíram que não foi verificado efeito dos tratamentos (dose de NaOH e dias de tratamento) sobre os teores de PB, que apresentaram valor médio de 1,6%. A MS aumentou com os dias de tratamento, não sendo observadas alterações para essa variável em relação às doses crescentes de NaOH. Foi observada redução das frações de FDN, FDA, celulose (CEL), hemiceluloses (HEM) e lignina (LIG). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e o teor de sódio aumentaram quando o bagaço de cana foi submetido a doses crescentes de NaOH, mas não foi observado efeito do período de tratamento sobre essas variáveis. O valor nutritivo do bagaço de cana é melhorado com a adição de NaOH, comprovado pela redução nos constituintes da parede celular e pelo aumento na DIVMS, sendo uma alternativa para utilização como volumoso na alimentação de ruminantes.

1.5.13. Casca de café

Leitão et al. (2005) avaliaram o valor nutritivo da casca de café tratada ou não com hidróxido de sódio e/ou ureia. Para isso, foram utilizados 20 carneiros, em blocos casualizados, com quatro blocos e cinco tratamentos constituídos de 50% de feno de alfafa e 50% de casca de café tratada ou não, assim distribuídos: T1-feno de alfafa e casca de café pura; T2-feno e casca de café + 5% ureia; T3-feno e casca de café + 1,5% NaOH; T4-feno e casca de café + 1,5% NaOH + 5% ureia; T5-100% feno de alfafa. O tratamento da casca de café com ureia proporcionou apenas aumento no teor de proteína bruta (PB), e com NaOH não provocou alterações na composição química. A casca tratada ou não provocou depressão do consumo. Houve diferença entre os tratamentos quanto ao consumo de proteína digestível, consumo de energia digestível e digestibilidade aparente da proteína bruta. Considerando-se a composição bromatológica e a digestibilidade da casca de café tratada ou não, deve-se fornecê-la junto a outro alimento com um melhor teor de energia.

Figueiredo et al. (2008) tiveram como objetivo determinar a cinética de degradação ruminal da matéria seca da casca de café, tratada com diferentes quantidades de hidróxido de sódio. Para isso, utilizaram duas vacas fistuladas no rúmen, incubando-se as amostras em sacolas de náilon por 12, 24, 36, 48 e 72 horas, por quatro rodadas sequenciais, sendo que cada uma destas representou um bloco, dentro de um delineamento de blocos inteiramente casualizados. Tratou-se a casca de café com 0%, 3%, 6% e 9% de hidróxido de sódio (base seca), constituindo, assim, os tratamentos T1 a T4. Os autores observaram que os valores de matéria seca não se alteraram significativamente entre os diferentes tratamentos, o mesmo ocorrendo para proteína bruta. Os resultados percentuais dos componentes da parede celular variaram de 51,9% a 66,3% para a fibra em detergente neutro e de 43,9% a 50,9% para a fibra em detergente ácido. Ambos apresentaram os mesmos resultados com a adição de 9% de NaOH em relação aos demais tratamentos. Provavelmente, o tratamento com 9% de NaOH alterou a composição da parede celular, promovendo redução dos teores de FDN e FDA. Os valores de degradabilidade efetiva (DE) e degradabilidade potencial (DP) aumentaram de acordo com o incremento dos níveis de NaOH nos tratamentos, indicando que a adição de NaOH deve ter atuado na dependência dos níveis de NaOH usados e na quebra das estruturas lignificadas da parede celular da casca de café. Para a fração solúvel (FS), observaram-se valores que foram crescentes de acordo com o aumento dos níveis de NaOH, indicando efeito do tratamento químico sobre esta fração dos alimentos testados. Esse efeito ocorreu, provavelmente, em virtude da solubilização de componentes da parede celular. Não se observou diferença para o tempo de colonização (TC) entre os tratamentos. Os autores concluíram que a adição de hidróxido de sódio na casca de café nos níveis de 3%, 6% e 9% aumenta linearmente os resultados de degradabilidade efetiva, degradabilidade potencial e fração solúvel deste resíduo no rúmen, não havendo, porém, efeito sobre o tempo de colonização ruminal desta. Diante desse efeito possível na cinética de degradação da casca de café no rúmen, a adição desta base pode contribuir para o aumento do desempenho de ruminantes submetidos a dietas contendo este resíduo agrícola.

1.5.14. Silagem

No estudo de Tobino et al. (1990), foram ensilados aveia, arroz e palha de arroz tratados com NaOH. As silagens foram avaliadas em relação às digestibilidades e aos efeitos nos ganhos de peso vivo e no soro sanguíneo de bovinos. Sob aplicação de NaOH, as digestibilidades daqueles materiais foram consideravelmente aumentadas. Não houve diferenças significativas nas qualidades visuais e químicas entre as silagens com e sem tratamento de NaOH. O soro sanguíneo não apresentou nenhuma desordem funcional. A maior parte do sódio consumido pelos animais foi excretado através da urina.

2. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS TRATADOS COM HIDRÓXIDO DE SÓDIO PARA BOVINOS DE LEITE

Haddad et al. (1998), ao avaliarem o efeito da palha de trigo tratada com NaOH e Ca(OH)_2 em crescentes participações na dieta (0, 20, 30 e 40% da MS da dieta total) sobre os padrões ruminais e o desempenho de vacas Holandesas no meio da lactação, observaram que os álcalis não alteraram o ambiente ruminal, a digestão da FDN e a produção de leite em níveis de inclusão de até 20%. Porém, nos tratamentos com 30 e 40% de palha tratada, os animais reduziram a ingestão de matéria seca e perderam peso.

Campeneere et al. (2005) avaliaram a *performance* zootécnica (ingestão de matéria seca, produção de leite, gordura de leite e proteína) de cinco dietas diferentes em vacas Holandesas, sendo elas: trigo planta inteira, trigo tratado com NaOH e silagem de trigo imaturo com aditivos, silagem de milho e silagem pré-secada. Por meio de estudos de digestibilidade *in situ* e *in vivo*, obteve-se o valor nutritivo dos tratamentos. Os experimentos de digestibilidade *in situ* mostraram que os tratamentos com NaOH levaram a uma diminuição significativa da degradabilidade da proteína e do amido do trigo. Devido a este decréscimo na degradabilidade do amido nos tratamentos com NaOH, tal procedimento pode ser de grande valia para a redução de casos de acidose ruminal, quando comparado ao tratamento que continha a planta inteira de trigo. Por outro lado, devido à ensilagem, a planta imatura do trigo levou à maior produção de efluentes, perdendo, desta forma, grande parte do amido, apesar da utilização de aditivos. Avaliando-se a degradabilidade da proteína, obtiveram-se valores de 103, 125 e 76g/kg, para o trigo planta inteira, trigo tratado com NaOH e o ensilado, respectivamente. O experimento de digestibilidade com os animais indicou que os valores de energia dos tratamentos do trigo não foram diferentes estatisticamente. Os autores constataram que o material tratado com NaOH apresentou melhor *performance* com aumento da produção de leite e com maior concentração de gordura e proteína no leite corrigido, se comparado ao tratamento com silagem pré-secada e com silagem de milho. O consumo do alimento tratado com NaOH foi significativamente maior que os demais tratamentos (23,5 vs. 21,1Kg/dia para os outros dois grupos).

Solomon et al. (2005) estudaram o efeito do NaOH (4% da MS) sobre o valor nutritivo do caroço de algodão sem línter, em vacas em lactação. Para isso, foram utilizadas 18 vacas Holandesas no meio da lactação. Três diferentes tratamentos foram utilizados, sendo eles: T1 (caroço de algodão com línter), T2 (caroço de algodão sem línter, não tratado) e T3 (caroço de algodão sem línter, tratado com NaOH 4%). Todas as dietas continham 18% de caroço de algodão. O tratamento do caroço de algodão com NaOH levou a um aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro. A ingestão de matéria seca do tratamento com caroço de algodão tratado foi maior se comparado aos demais tratamentos. A digestibilidade total da matéria seca, da matéria orgânica e a da proteína bruta da dieta com caroço sem línter (T2 e T3) foram maiores se comparadas à dieta com caroço com línter. A digestibilidade da celulose e a da FND foram maiores no tratamento três. As produções de leite foram semelhantes para os tratamentos 1 e 2, porém o tratamento com caroço de algodão tratado com NaOH apresentou maiores produções de leite, leite corrigido para 4% de gordura, produção de gordura (g/kg) e proteína (g/kg).

3. PROBLEMAS ADVINDOS DO USO DE NAOH NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

As palhas tratadas com NaOH não são bem-aceitas pelos animais, quando são fornecidas sozinhas. Quando o valor do pH do fluido superior do rúmen vai acima de oito, o que acontece pouco tempo após a ingestão, o consumo de alimento para e só se inicia novamente quando o pH cai abaixo de sete. Indica-se a neutralização da palha com ácido clorídrico (HCl) para estabilizar o pH do fluido ruminal e aumentar o consumo de alimentos. Devido à alteração da palatabilidade e aos altos níveis de sódio na palha tratada com NaOH, torna-se necessário restringir a quantidade de palha tratada nas dietas de ruminantes (Stigsen, 1975, citado por Rexen e Knudsen, 1984).

O fornecimento de palha de trigo tratada com NaOH a ovinos, feito por Trevor-Jones e Leibholz (1984), resultou em alcalose metabólica primária demonstrada pelo pH sanguíneo aumentado, excesso de bicarbonato e de base. Os autores concluíram que os ovinos não foram capazes de se adaptarem a altos consumos de álcali por períodos superiores a 15 semanas, o que poderia causar problemas.

Martinez e Aguilera (1991) estudaram o comportamento clínico-metabólico em vacas alimentadas com bagaço de cana pré-digerido com NaOH a 6%. Além do controle sanitário, foram determinados alguns indicadores hematoquímicos e gasométricos. Observaram-se deterioração do estado físico, diarreia e alcalose metabólica. Não foram encontradas alterações nos indicadores hemáticos, nem hemoquímicos, exceto no sódio, que aumentou significativamente. Atribui-se o desencadeamento dos mecanismos implicados a um excesso de NaOH.

O balanço mineral de bezerros, recebendo palha de trigo tratada com 35g de NaOH/kg, neutralizada com HCl e não neutralizada, foi determinado por Holzer et al.

(1991) em um experimento de digestibilidade no qual a palha de trigo foi oferecida nos níveis de inclusão de 300, 500 e 700g/kg. A relação sódio e potássio retidos aumentou com o incremento da proporção de palha na dieta e foi menor nas dietas de palha neutralizada. A concentração de amônia no líquido ruminal e a da ureia no sangue foram mais baixas nos animais que receberam palha de trigo tratada com álcali. O balanço ácido-básico sanguíneo não foi significativamente afetado pelos tratamentos. Os valores de pH, a presença de bicarbonato e a pressão de CO₂ dos animais indicaram alcalose branda. A alcalose não afetou o desempenho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes é viável. A disponibilidade desses produtos é muito grande e ocorre no período de escassez de forragens verdes, ou seja, na época seca.

No entanto, torna-se necessário fazer um tratamento prévio desses materiais, visando aumentar a sua digestibilidade e proporcionar um melhor aproveitamento do seu valor nutricional pelos animais.

O hidróxido de sódio aparece, então, como uma boa opção para tratamento de resíduos, objetivando o aumento do valor nutritivo dessas fontes. Porém, devem-se utilizar metodologias que reduzam os efeitos negativos do sódio e do alto pH sobre a saúde animal. Quando esse problema for solucionado, será possível usar, nas dietas, porcentagens mais altas de resíduos tratados com esse químico.

Apesar de a digestibilidade ser melhorada pelo tratamento alcalino com hidróxido de sódio, o produto resultante ainda continuará sendo um alimento pouco energético. Devem ser feitas pesquisas no sentido de otimizar o efeito desse tratamento, de forma que também seja possível a produção de alimentos altos em energia.

Deve-se ressaltar a importância da adição de uma fonte nitrogenada, que aumentará o teor de proteína bruta, a digestibilidade e o consumo.

Além disso, deve ser investigada a ocorrência de interações entre os materiais tratados com soda e outros componentes dos alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; VITTI, D.M.S.S.; SILVA FILHO, J.C. Treated sugarcane bagasse for sheep. *Trop. Agric.*, v.67, p.93-94, 1990.

AVILA, S.C. *Bagaço de cana tratado com hidróxido de sódio, para ruminantes*. 1989. 66f Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

BARROS, N.N.; BONNECARRERE, L.M.; LOPES, J.M. Tolerância de ovinos ao hidróxido de sódio e/ou sódio residual contido em cama de frangos de corte. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.20, p.487-495, 1985.

BERGER, L.; KLOPFENSTEIN, T.; BRITTON, R. Effect of sodium hydroxide on efficiency of rumen digestion. *J. Anim. Sci.*, v.49, p.1317-1322, 1979.

BOSE, M.L.V.; MARTINS FILHO, J.G. O papel dos resíduos industriais na alimentação dos ruminantes. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.3-7, 1984.

BOZA, J.; MUNOZ, F.J.; AGUILERA, J.F. et al. Valoración nutritiva del canote de girasol (*Helianthus annuus* L.) tratado con hidróxido sódico en ganado cabrío. *Arch. Zootec.*, v. 36, p.253-258, 1987.

CAMPENEERE, J.L.; BOEVER, L.; BRABANDER, D.L. Comparison of rolled, NaOH treated and ensiled wheat grain in dairy cattle diets. *Livest. Sci*, v.99, p.267-276, 2006.

CHEN, X.L.; WANG, J.K.; WU, Y.M. et al. Effects of chemical treatments of rice straw on rumen fermentation characteristics, fibrolytic enzyme activities and populations of liquid- and solid-associated ruminal microbes in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.141 p.1-14, 2008.

CHURCH, D.C. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. 564p.

CIOCCA, M.L.S.; PRATES, E.R. Efeito do hidróxido de sódio sobre o valor nutritivo da palha de trigo suplementada com farelo de soja tostado e não tostado para ovinos. I. Consumo voluntário, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.20, p.326-332, 1991.

DUTRA, A.R.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. Efeitos dos níveis de fibra e das fontes de proteínas sobre o consumo e digestão dos nutrientes em novilhos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, p.787-796, 1997.

EZEQUIEL, J.M.B., QUEIROZ, M.A.A., GALATI, R.L. et al. Processamento da cana-de-açúcar: Efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1704-1710, 2005.

FELIX, A.; HILL, R.A.; DIARRA, B. *In vitro* and *in vivo* digestibility of soya-bean straw treated with various alkalis. *Anim. Prod.*, v.51, p.47-61, 1990.

FIGUEIREDO, M.P.; LOPES, I.O.; SOUSA, F.G.; MOREIRA, G.R.; SOUSA, L.F.; CRUZ, P.G.; FERREIRA, J.Q. Parâmetros cinéticos da degradação ruminal da casca de café (*Coffea arabica*, L.) tratada com hidróxido de sódio (NaOH). *Ciênc. Anim. Bras.*, v.9, p.23-29, 2008.

FLACHOWSKY, G.; SUNDSTOL, F. Effect of NaOH and H₂O₂ on the degradability of straw in ruminants. *Arch. Anim. Nutr.*, v.38, p.955-964, 1988.

GONZALEZ DUARTE, U.J. *Substituição da silagem de milho pela palha de feijão tratada ou não com hidróxido de sódio ou hidróxido de amônia para novilhos em confinamento*. 1991. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

HADDAD, S.G.; GRANT, R.T.; KACHMAN, S.D. Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cattle cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1956-1965, 1998.

HAWKINS, D.R. *Curso sobre produção e manejo de gado de corte*. Piracicaba, SP: FEALQ, 1983.

HOLZER, Z.; DRORI, D.; BROSH, A. et al. The utilization of alkali-treated wheat straw: effects of neutralization of residual alkali and potassium supplementation on growth and mineral balance of male calves. *Anim. Prod.*, v.52, p.451-459, 1991.

HOMB, T. Wet treatment with sodium hydroxide. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed.). *Straw and other fibrous by-products as feed*. Amsterdã: Elsevier, 1984. p.106-126.

HUNT, C.W., PATERSON, J.A., ZINN, G.M. et al. Effect of particle length and sodium hydroxide treatment of wheat straw on site and extent of digestion by lambs. *J. Anim. Sci.*, v. 58, p.1454-1460, 1984.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.2, p.105-130, 1977.

JACKSON, M.G. Treating straw for animal feeding: an assessment of its technical and economic feasibility. *World Anim. Rev.*, n.28, p.38-43, 1978.

JUNG, H.G.; FAHEY, G.C. Nutrition implications of phenolic monomers and lignin: A review. *J. Anim. Sci.*, v.57, p.206-219, 1983.

KATEGILE, J.A. Utilization of low-quality roughages with or without NaOH. In: KIFLEWAHID, B.; POTTS, G.R.; DRYSDALE, R.M. (Ed.). *By-product utilization for animal production*. Ottawa: IDRC, 1982. p.37-48.

KATEGILE, J.A.; FREDERIKSEN, J.H. Effect of level of sodium hydroxide treatment and volume of solution on the nutritive value of maize cobs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.4, p.1-15, 1979.

KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.*, v.46, p.841-848, 1978.

KLOPFENSTEIN, T.; KRAUSE, V.E.; JONES, M.J. et al. Chemical treatment of low quality roughages. *J. Anim. Sci.*, v.35, p.418-422, 1972.

LEITÃO, R.; PAIVA, P.; REZENDE, C. Valor nutritivo da casca de café (*Coffea arabica* L.) tratada com hidróxido de sódio e/ou ureia suplementada com feno de alfafa (*Medicago sativa* L.). *Pesq. Agropec. Trop.*, v.35, p.31-36, 2005.

LESOING, G.; KLOPFENSTEIN, T.; RUSH, I. et al. Chemical treatment of wheat straw. *J. Anim. Sci.*, v.51, p.263-269, 1981.

LIU, J.X., OKUBO, M., ASAHIDA, Y. Effects of sodium hydroxide treatment and soybean meal supplementation on digestion and utilization of rice straw by sheep. *Jpn. J. Zootec. Sci.*, v.60, p.40-45, 1989.

LIU, J.X., OKUBO, M., ASAHIDA, Y. Voluntary intake and ruminal fiber digestion of rice straw as influenced by sodium hydroxide treatment and soybean meal supplementation. *Jpn. J. Zootec. Sci.*, v.59, p.1040-1046, 1988.

MARQUES NETO, J.M.; FERREIRA, J.J. Tratamento de restos de cultura para alimentação dos ruminantes. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.38-43, 1984.

MARTINEZ, A., AGUILERA, R. Observaciones clinico-metabolicas en vacas que consumen bagacillo predigerido con hidroxido de sodio. *Rev. Salud Anim.*, v.13, p.180-182, 1991.

MASSON, C.; KIRILOV, D.; FAURIE, F. et al. Compararaison des activités alimentaires et méryciques d'ovins et de caprins recevant de la paille d'orge traitée ou non à la soude. *Ann. Zootec.*, v.38, p.73-82, 1989.

MENDONÇA, B.P. *Valor nutritivo do capim elefante maduro tratado com hidróxido de sódio e suplementado com ureia e enxofre para ovinos*. 1982. 58f. Belo Horizonte, MG. 58p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

MOLINA, E.; BOZA, J.; AGUILERA, J.F. Nutritive value for ruminants of sugar cane bagasse ensiled after spray treatment with different levels of NaOH. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.9, p.1-17, 1983.

MORA, M.I.; FAHEY, G.C.; Van der AAR, P.J. et al. Improving utilization of crop residues. Evaluation of two chemicals used to improve digestibility of crop residues. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.9, p.205-219, 1983.

MORO, S. *Partição da digestão do rolão de milho tratado com hidróxido de sódio*. 1987.49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I.; EVERINGTON, J.M. The effect of sodium hydroxide on the chemical composition, digestibility and digestible energy content of wheat, barley and oat straws. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.29, p.73-87, 1990.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I.; FURNISS, S. A comparison of farm-scale methods of application of sodium hydroxide on the nutritive value of a winter wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.41, p.199-212, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NG'AMBI, J.W.W.; CAMPLING, R.C. Effects of sodium hydroxide and of energy and protein supplements on the voluntary intake and digestibility of barley, oat and wheat straw by cattle. *J. Agric. Sci.*, v.117, p.251-256, 1991.

OWEN, E.; JAYASURIAYA, M.C.N. Recent developments in chemical treatment of roughages and their relevance to animal production in developing countries. In: FEEDING strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1989. p.205- 230.

PEREIRA FILHO, J.M.; VIEIRA, E.L.; SILVA, A.M.A. Efeito do tratamento com hidróxido de sódio sobre a fração fibrosa, digestibilidade e tanino do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*. Wild). *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.70-76, 2003.

PHIPPS R.H.; WELLER R.F.; CRAVEN N. et al. Use of prolonged-release bovine somatotropin for milk production in British Friesian dairy cows. I. Effect on intake, milk production and feed efficiency in two consecutive lactations of treatment. *J. Agric. Sci.*, v.115, p.95-104, 1990.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio, *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl., p.953-957, 2006.

RAJ, S.N.; MUDGAL, V.D. Associative effect of NaOH and steam pressure treatment on chemical composition of rice straw and its fibre digestibility in rumen. *Indian J. Anim. Nutr.*, v.4, p.5-11, 1987.

RAMIREZ, R.G.; CRUZ, F.; GONZALEZ, C.C. Effects of treating corn stover with wood ashes and sodium hydroxide on nutrient digestibility by sheep and goats. *Small Rumin. Res.*, v.7, p.225-233, 1992.

REXEN, F.P. Low-quality forages improve with alkali treatment. *Feedstuffs*, v.51, n.42, p.33-34, 1979.

REXEN, F.P.; KNUDSEN, K.E.B. Industrial-scale dry treatment with sodium hydroxide. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed.). *Straw and other fibrous by-products as feed*. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.127-161.

REXEN, F.P.; THOMSEN, K.V. The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.1, p.73-83, 1976.

REZENDE, E.G. *Efeitos do hidróxido de sódio na digestibilidade in vitro de algumas forrageiras grosseiras*. 1976. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

SALIBA, E.O.S. *Efeito do hidróxido de sódio sobre o valor nutritivo do resíduo de cultura de milho suplementado com ureia, para ruminantes*. 1988. 76f. (Dissertação, Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

SANTOS, G.T.; PRATES, E.R. Efeito de diferentes tratamentos químicos sobre a palha de arroz conservada nas formas seca e úmida. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.23, p.1161-1170, 1988.

SCHLINK, A.C. Effect of short term wet alkaline and urea treatment on degradability of maize and sorghum grain in nylon bags. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, v.18, p.356-359, 1990.

SHARIFF, M.A.; GUPTA, B.N. Effect of various alkali treatments on the nylon bag dry matter and cellulose disappearance of the straws. *Indian J. Dairy Sci.*, v.42, p.365-369, 1989.

SINGH, G.P.; GUPTA, B.N. Rumen degradability of fibrous constituents of rice husk treated with different levels of sodium hydroxide. *Indian J. Dairy Sci.*, v.40, p.147-152, 1987.

SOLOMON, R.; ADIN, G.; MABJEESH, S.J. Digestibility in lactating cows of diets containing whole pima treated with sodium hydroxide versus akala or pima cottonseed. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.1745-1751, 2005.

STUART, R. Evaluation of various alternatives for the treatment of sugar cane harvesting residues for beef cattle. I. The effect of NaOH or NH₃ treatments on *in vitro* digestibility of some fibrous residues. *Cuban J. Agric. Sci.*, v.22, p.55-61, 1988.

THIAGO, L.R.L.S.; KELLAWAY, R.C. Tratamento da palha de trigo com NaOH, no ganho de peso de bovinos suplementados com blocos de melaço-ureia. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.16, p.907- 911, 1981.

TOBINO, T.; MIKAMI, N.; YAMAZAKI, A. et al. Whole crop and straw silages treated with sodium hydroxide for feeding beef cattle. *Jap. Agric. Res. Q.*, v.24, p.202-208, 1990.

TREVOR-JONES, P.J.; LEIBHOLZ, J. Effects of NaOH treatment of wheat straw on acid-base balance in sheep. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, v.15, p.761-762, 1984.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, OR: O&B Books, 1982. 375p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WANG, Y.; CHEUNG, Y.H.; YANG, Z. et al. Proteomic approach to study the cytotoxicity of dioscin (saponin). *Proteomics*, v.6, p.2422- 2432. 2006.

WILKE, P.I. Effect of nitrogen supplementation on the utilization of sodium Hydroxide treated corn stover by dairy goats. *Small Rumin. Res*, v.9, p.167-172. 1992

WRATHALL, J.H.M.; OWEN, E.; PIKE, D.J. Upgrading barley straw for goats: the effectiveness of a sodium hydroxide and urea dip method. *Anim Feed Sci Technol*, v.24 p.57-67, 1989.

CAPÍTULO 14

O MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Luiz Gustavo Ribeiro Pereira¹, Roberto Camargos Antunes²,
Lúcio Carlos Gonçalves³, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho⁴*

RESUMO

Este capítulo tem como objetivo descrever a importância do milho na alimentação de bovinos leiteiros. Serão descritas a estrutura e as propriedades físicas do milho, a classificação quanto ao tipo de grãos, bem como a composição bromatológica em lipídios, carboidratos e proteínas. Será também abordado o milho na alimentação de rebanhos leiteiros com detalhes quanto aos efeitos do local de digestão do amido e o metabolismo de vacas leiteiras. Serão descritos, ainda, os principais coprodutos do processamento do milho. O capítulo abordará também a silagem de milho como alimento para gado de leite detalhando as características que influenciam o valor nutritivo da silagem, como a digestibilidade da fibra, a textura dos grãos e o conteúdo de óleo. Por fim, será discutida a silagem de milho úmido para bovinos leiteiros.

INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil, juntamente com a soja, contribui com aproximadamente 80% da produção nacional de grãos, estimada ao todo em 137,6 milhões de toneladas para a safra 2008/2009, segundo o Acompanhamento da Safra Brasileira (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009). A área plantada com milho foi estimada em 14,2 milhões de hectares e em 21,6 milhões de hectares com a soja, com produções de 51,9 milhões de toneladas de milho e 58,1 milhões de toneladas de soja. Os dados estimados para a safra 2006/2007 apresentados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos indicam o Brasil como o terceiro maior produtor de milho do mundo (produção de 46 milhões de toneladas), atrás dos Estados Unidos (268 milhões de toneladas) e da China (143 milhões de toneladas). Em termos da exportação, o Brasil encontra-se na terceira colocação, logo após os Estados Unidos e a Argentina (United States Department of Agriculture - USDA, 2007).

¹ Médico Veterinário, DSc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. luiz.gustavo@cnpqgl.embrapa.br

² Médico Veterinário, DSc., Coordenador do Programa de Pesquisa em Agropecuária e Agronegócio, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. SEPN 509, Bloco A, Ed. Nazir I, Sala 301, Asa Norte, Brasília, DF, CEP: 70750-501. camargos@cnpq.br

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Médico Veterinário, MSc, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena. wellyngton.vilela@ifsudestemg.edu.br

O aumento no preço do milho no mercado internacional ocasionado pela maior demanda do cereal, principalmente para a produção de etanol nos Estados Unidos, tem influência direta na cadeia de produção de proteínas de origem animal no Brasil, já que a demanda de milho para rações é superior a 25 milhões de toneladas, correspondendo a mais de 50% do volume produzido. A avicultura demanda 60,5%, e a suinocultura 28,5% deste total, restando 11,0% a serem utilizados na alimentação de ruminantes e outras espécies (Lima, 2001).

Na alimentação de bovinos leiteiros, o milho é utilizado como fonte de amido, geralmente o principal componente energético dos concentrados. O amido apresenta disponibilidade energética superior à dos carboidratos estruturais presentes nas dietas de ruminantes. A presença de amido é fundamental na exploração de animais de alta produção, que exigem níveis elevados de energia na dieta. O milho como fonte de amido, quando utilizado de forma correta, pode ser usado para melhorar as características de fermentação ruminal, principalmente pela maior eficiência da utilização de fontes de nitrogênio não proteico, possibilitando uma melhor utilização dos carboidratos estruturais e o maior fluxo de proteína microbiana para o intestino. Já quando utilizado em excesso, sem a devida adaptação do ambiente ruminal, o milho pode acarretar problemas metabólicos como a acidose, quando o pH ruminal pode cair para níveis críticos abaixo de 5,5 devido ao acúmulo indesejável de ácidos graxos voláteis (AGVs) e lactato no rúmen (Hall, 1998; Owens et al., 1998), com consequências negativas sobre o desempenho animal.

A agroindústria apresenta grande diversidade de utilização do milho na alimentação humana e animal, podendo ser listados mais de 500 derivados, muitos dos quais são coprodutos e podem ser utilizados como alimentos estratégicos para bovinos leiteiros. Estes podem ser fontes de fibra de boa qualidade (farelo de milho), energia (amido e óleo do milho) e proteína (protenose). A produção de etanol a partir do milho gerará uma grande quantidade de coprodutos (1/3 do total processado), dentre os quais os mais conhecidos são os resíduos úmidos e secos de destilaria que podem ser fonte de fibra, energia e proteína.

O Brasil se destaca na produção de leite a pasto, sendo esta a forma de exploração mais econômica e a base da produção nacional. Neste sistema de produção, a utilização de concentrados, quando usados de forma racional, pode garantir a maximização da produção, a melhoria dos índices reprodutivos e, conseqüentemente, pode ter impactos positivos na lucratividade da atividade. O milho é considerado a base energética padrão nos concentrados comerciais, e o conhecimento da melhor forma de sua utilização é importante para o sucesso na suplementação.

O objetivo deste capítulo é discutir a utilização racional do milho na alimentação dos rebanhos leiteiros, com ênfase na caracterização do amido, na descrição das principais características químicas e físicas do grão do milho e na discussão dos principais coprodutos do milho utilizados nas dietas.

1. ESTRUTURA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO DE MILHO

O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão. Na Tabela 1, encontram-se as porcentagens dos constituintes do grão de milho e respectivas composições.

Tabela 1. Porcentagens e composições dos constituintes do grão de milho.

Fração	% grão	Amido	Lipídios	Proteínas	Minerais	Açúcares	Fibras
Endosperma	82,0	98,0	15,4	74,0	17,9	28,9	-
Gémen	11,0	1,3	82,6	26,0	78,4	69,3	12,0
Pericarpo	5,0	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54,0
Ponta	2,0	0,1	0,8	0,9	1,0	0,8	7,0

Fonte: Paes (2006).

Nutricionalmente o endosperma amiláceo é o componente mais importante do grão. É o principal tecido de estocagem do grão (National Corn Growers Association - NCGA, 2007), composto por amido, proteínas de estocagem e, em menor proporção, por enzimas, vitaminas e minerais. O amido tem a função de fornecer ao embrião energia e esqueletos de carbono até que este seja fotossinteticamente competente, enquanto as proteínas de estocagem são fontes de energia, nitrogênio e enxofre durante a germinação (Lopes e Larkins, 1993). Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado como vítreo (ou córneo) ou farináceo (ou opaco). O endosperma vítreo apresenta matriz proteica densa, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas. Na porção farinácea, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz proteica circundando esta estrutura (Paes, 2006). O amido da zona vítrea é menos disponível para a digestão devido à barreira física que a matriz proteica e os corpos proteicos formam sobre ele (Sullins e Rooney, 1974). Já a zona farinácea ou opaca do endosperma é caracterizada pela presença de células frouxamente empacotadas. Pequenos espaços de ar estão presentes entre grânulos de amido, que são esféricos, maiores e menos densos que os encontrados no endosperma córneo. Os corpos proteicos estão presentes, mas em menor concentração que no endosperma córneo. A diferença ultraestrutural mais importante entre os endospermas vítreo e farináceo é a menor concentração de matriz proteica no endosperma farináceo, o que confere melhor acessibilidade às enzimas e maior digestibilidade (Hoseney et al., 1974).

O gérmen representa aproximadamente 11,0% do grão de milho e concentra quase a totalidade (83,0%) dos lipídios (óleo e vitamina E) e dos minerais (78,0%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26,0%) e açúcares (70,0%). É composto pelo embrião e por tecido de estocagem rico em ácidos graxos poli-

insaturados, proteínas, enzimas e minerais, que representam a reserva nutritiva para o embrião.

O pericarpo representa, em média, 5,0% do grão, conferindo proteção à umidade do ambiente, aos insetos e aos microrganismos. As camadas de células que compõem esta fração são constituídas de hemiceluloses (67,0%) e celulose (23,0%). A ponta é a menor estrutura do grão de milho (2,0%) e é a responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área não coberta pelo pericarpo. É constituída essencialmente de material lignocelulósico.

2. CLASSIFICAÇÃO DO MILHO QUANTO AO TIPO DE GRÃOS

Existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. Em países de clima temperado, predominam os grãos do tipo dentado; já no Brasil, a maioria dos híbridos plantados é de grão do tipo duro (*flint*). A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen, conforme visualizado na Figura 1.

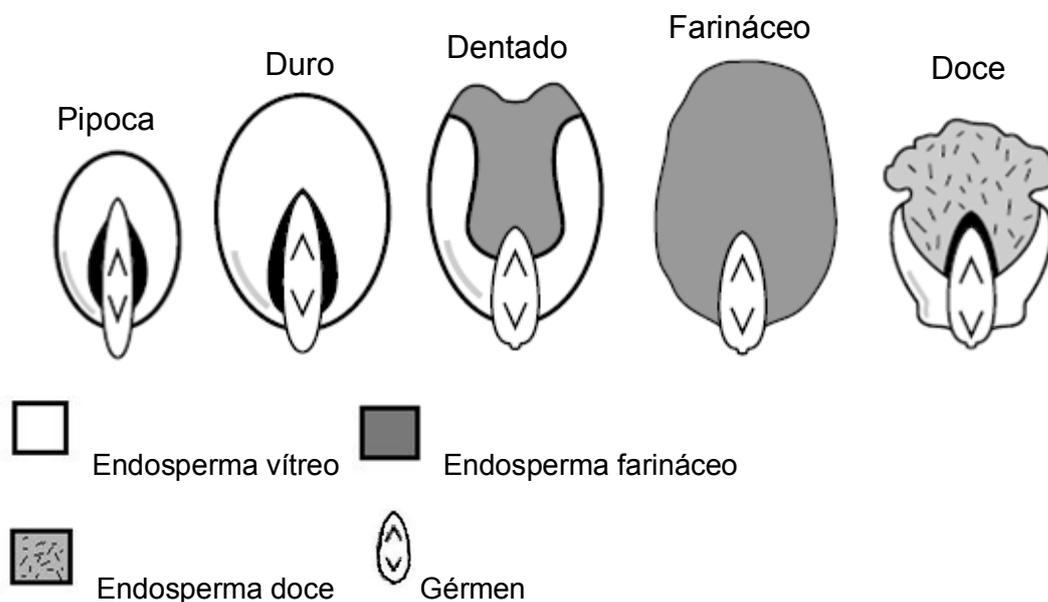


Figura 1. Tipos de milho e proporções do endosperma farináceo e vítreo.

O milho duro difere do farináceo e do dentado na relação de endosperma vítreo:farináceo. Os dentados apresentam o endosperma farináceo na região central do grão. O encolhimento do endosperma farináceo na secagem do grão resulta na formação de uma indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. O milho farináceo também apresenta indentação, porém o endosperma é

completamente farináceo. Já o milho duro possui volume contínuo de endosperma vítreo, resultando em grãos arredondados e lisos. O milho de pipoca é menor e possui formato arredondado, além do pericarpo mais espesso e endosperma vítreo predominante. O milho doce, quando seco, apresenta aparência enrugada devido à não conversão dos açúcares em amido (Dickerson, 2007). A classificação do milho deve ser feita quando os grãos estão secos e ainda aderidos ao sabugo. Em uma mesma espiga, pode haver grãos com aparência de dois tipos; nesta situação, a classificação deve ser baseada na predominância.

Os conceitos de textura do endosperma encontrados na literatura são vagos e subjetivos e estão geralmente associados aos métodos de determinação da textura dos grãos. A textura (*strength*) do endosperma de grãos foi definida como a habilidade do grão de resistir à compressão sem produzir fraturas, e a dureza (*hardness*) como a habilidade do grão de resistir à indentação, de acordo com Jastrzebski (1976), citado por Chandrashekar e Mazhar (1999). No entanto, o conceito de textura mais aceito se refere à proporção do endosperma vítreo (duro) em relação ao endosperma farináceo (macio) do grão, conhecido por vitreosidade (*vitreousness*) (Cagampang e Kirleis, 1984). Apesar de diferentes, os termos acima são utilizados de forma sinônima pela literatura.

As bases bioquímicas, fisiológicas e estruturais da textura do endosperma dos grãos de milho ainda não são bem compreendidas. No entanto, a composição proteica do grão e o arranjo ultraestrutural da matriz proteica nos endospermas vítreo e farináceo são os principais fatores determinantes (Chandrashekar e Mazhar, 1999).

3. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO GRÃO DE MILHO

A composição química proximal do grão de milho não é estática, dependendo do genótipo, do solo e das condições climáticas. Na Tabela 2, são apresentados os dados de composição química média do grão de milho de acordo com dados americanos (National Research Council - NRC, 2001) e nacionais (Lima, 2001; Valadares Filho et al., 2006). Comparados aos dados nacionais, os valores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais apontados pelo NRC (2001) são ligeiramente superiores, fato provavelmente relacionado à utilização de genótipos diferentes e também às distintas condições de cultivo, clima, solos e armazenamento. O milho apresenta um valor médio de nutrientes digestíveis totais superior a 85,0%, tem elevado teor de energia por ser rico em extrativos não nitrogenados, essencialmente amido; é pobre em fibra, porém esta é altamente digestível. É pobre em cálcio (valor médio de 0,025%) e medianamente rico em fósforo (valor médio de 0,25%). Atenção especial deve ser dada aos níveis de cálcio em rações com altas quantidades de milho.

O grão de milho amarelo destinado ao consumo animal deve ser isento de sementes tóxicas e resíduos de pesticidas. O padrão exigido para a utilização do milho na alimentação animal encontra-se na Tabela 3. As contaminações também podem alterar o valor nutritivo do milho. Quando colhido e armazenado em condições

inadequadas, pode ocorrer o desenvolvimento de fungos, destacando-se os do gênero *Aspergillus*, que produzem a aflatoxina, e o *Fusarium moniliforme*, que pode estar presente sem que o mofo seja visível. Verificar a presença de toxinas é uma boa medida, quando da aquisição do milho. Sementes de ervas daninhas também podem interferir na qualidade do milho, como plantas do gênero *Cassia* (fedegoso), que interferem no metabolismo da proteína, embora o maior problema seja para aves e suínos.

Tabela 2. Composições químicas médias de grãos de milho em porcentagem da matéria seca.

Parâmetros	NRC (2001)	Valadares Filho et al. (2006)	Lima (2001)
Matéria seca (%)	88,1	87,6	87,7
Proteína bruta	9,4	9,1	8,5
Extrato etéreo	4,2	4,1	3,7
Fibra em detergente neutro	9,5	14,0	-
Fibra em detergente ácido	3,4	4,1	-
Fibra bruta	-	-	2,3
Cinzas	1,5	1,5	-
Cálcio	0,04	0,03	0,04
Fósforo	0,30	0,25	0,26
Lisina (% da proteína bruta)	2,84	2,65	2,83
Metionina (% da proteína bruta)	2,13	1,99	2,47
Nutrientes digestíveis totais	88,1	87,2	-

Tabela 3. Padrão exigido para a utilização na alimentação animal.

Parâmetro	Unidade	Padrão
Umidade (máximo)	%	14,0
Proteína bruta (mínimo)	%	7,0
Fibra bruta (máximo)	%	3,0
Extrato etéreo (mínimo)	%	2,0
Matéria mineral (máximo)	%	1,5
Xantofila (mínimo)	ppm	10,0
Aflatoxina (máximo)	ppb	20,0

Fonte: Compêndio... (1998).

4. COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DO GRÃO DE MILHO

4.1. Carboidratos do grão de milho

Os principais carboidratos constituintes dos grãos são amido, celulose, açúcares simples e pentosanas. O amido é a principal fração dos carboidratos e pode representar de 66,0 a 78,0% do peso seco do grão (Zeoula e Caldas Neto, 2001). É um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular, sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energética nos períodos de dormência, germinação

de grãos, crescimento e rebrota (Wang et al., 1998). As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos. Os grãos são a principal fonte de amido na alimentação humana e animal, podendo conter até 80% de seu peso seco em amido (Buléon et al., 1997).

Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (French, 1973; Wang et al., 1998). Esses dois polímeros diferenciam-se entre si quanto ao tipo de estrutura química, ao tamanho da molécula e pelas propriedades químicas.

A amilose é o polímero longo e relativamente linear, disposto em dupla hélice e que apresenta a capacidade de ligar-se ao iodo, formando composto azul ou violeta. Aproximadamente 99% dos resíduos de glicose estão unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4), e 1% por ligações α -(1 \rightarrow 6). O peso molecular varia de acordo com a origem botânica e encontra-se entre 1×10^5 e 1×10^6 Da. A molécula é composta de 324 a 4.920 resíduos de glicose e pode ter de nove a 20 pontos de ramificação [ligações α -(1 \rightarrow 6)] e de três a 11 cadeias retilíneas (Hoover, 2001; Tester et al., 2004). Essas cadeias são relativamente longas e podem conter de 200 a 700 resíduos de glicose.

A amilopectina é uma molécula maior que a da amilose. Apresenta peso molecular entre 1×10^7 e 1×10^9 Da (Tester et al., 2004) e tem estrutura bastante ramificada. As cadeias lineares de glicose, unidas por ligações α -(1 \rightarrow 4), têm pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6) a cada 20 a 25 resíduos de glicose (Chesson e Forsberg, 1997). Estima-se que 95% dos resíduos de glicose estejam unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4) e que os outros 5% por ligações α -(1 \rightarrow 6) (French, 1973). Pode conter mais de 15 mil resíduos de glicose, sendo considerada uma das maiores moléculas conhecidas. Segundo Ball et al. (1998), a complexa organização das ramificações α -(1 \rightarrow 6) é responsável pelo empacotamento denso e semicristalino dos resíduos de glicose nos grânulos de amido.

A porcentagem de amilose e de amilopectina varia com a origem botânica do amido, mas, na maioria das espécies, o amido é composto por 30,0% de amilose e 70,0% de amilopectina (Wang et al., 1998). Amidos denominados “cerosos” do milho, sorgo, cevada, arroz e milheto apresentam de 85,0 a 100,0% de amilopectina (Sullins e Rooney, 1975; Rooney e Pflugfelder, 1986). Por outro lado, amidos com mais de 40,0% de amilose são denominados “ricos em amilose”. A amilose e a amilopectina encontram-se empacotadas nas plantas na forma de pequenos grânulos, com diâmetros variando de 1 a 200 μ m e nos formatos redondo, lenticular, oval e/ou poligonal. O milho tem grânulos simples, e a densidade do amido varia de 1,4 a 1,6g/cm³ (Rooney e Pflugfelder, 1986).

O aquecimento dos grãos na presença de água promove a solubilização parcial do amido, quando os grânulos de amido perdem a cristalinidade (French, 1973; Wang et al., 1998). Esse processo é denominado gelatinização e ocorre devido à quebra das pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina, permitindo a entrada de água dentro dos grânulos (Hoover, 2001). A temperatura de gelatinização do amido varia com o tipo de grão, o que pode refletir as diferenças na composição

bioquímica do amido e a interação desse com a matriz proteica. Malcolm e Kiesling (1993) encontraram resultados em que o milho e o sorgo apresentaram maiores temperaturas de gelatinização do amido (70 e 72°C, respectivamente) que a cevada e o trigo (65 e 62°C, respectivamente).

O amido gelatinizado é instável e tende a se reorganizar parcialmente com as reduções da temperatura e do conteúdo de água do meio devido ao restabelecimento parcial das pontes de hidrogênio (Hoover, 2001). No entanto, a estrutura primária (nativa) dos grânulos de amido é definitivamente perdida (Rooney e Pflugfelder, 1986). Esse processo de reorganização dos grânulos é denominado retrogradação e tende a aumentar a proporção de amido resistente ao ataque das amilases dos alimentos previamente gelatinizados, o que pode reduzir a digestibilidade ruminal e intestinal desses amidos (Asp et al., 1996).

A importância do estudo da composição do amido dos grãos é evidenciada pela maior susceptibilidade da amilopectina à digestão enzimática (Zeoula e Caldas Neto, 2001). Philippeau et al. (1998) mostraram que o amido dos grãos de milho ricos em amilose foi mais rápida e extensamente degradado no rúmen que o amido dos grãos cerosos e de composição regular do amido em estudo *in situ* em bovinos. Porém, a maior degradabilidade foi, em grande parte, explicada pela textura mais macia do endosperma dos grãos de milho ricos em amilose.

Duas áreas distintas são observadas no grânulo de amido. Uma organizada, denominada região cristalina; e a segunda, conhecida como região amorfa, é relativamente desorganizada. A região cristalina é primeiramente composta de amilopectina, principal responsável pela organização desta área. A área cristalina apresenta maior resistência à entrada de água e, conseqüentemente, à atividade enzimática. A região amorfa é rica em amilose e menos densa que a área cristalina. Devido à menor densidade, a água se move livremente através desta região, e a atividade hidrolítica das amilases se inicia nesta área (Rooney e Pflugfelder, 1986). Assim, maior proporção de amilose proporcionaria melhor atividade hidrolítica, porém ocorre uma diminuição na hidrólise do amido e, conseqüentemente, da digestibilidade de fontes de amido com maior teor de amilose, devido à maior formação de pontes de hidrogênio (Zeoula e Caldas Neto, 2001).

As moléculas de amilose podem se inserir nas moléculas de amilopectina, aumentando a quantidade de pontes de hidrogênio no interior do amido, podendo acarretar diminuição na capacidade de expansão e na atividade enzimática. Em raízes como a mandioca, a região cristalina é composta apenas pela amilopectina, estando a amilose presente na região amorfa. Nos cereais, como o milho, a amilose também está presente na região cristalina. A amilose em cereais apresenta complexação com lipídios, formando estruturas helicoidais e acarretando menor estruturação da região cristalina e maior adesão entre as moléculas que compõem o grânulo. O complexo lipídio-amilose é insolúvel e pode se dissociar quando aquecido, sendo necessárias temperaturas acima de 125°C. Essa complexação diminui a capacidade de expansão e a solubilidade do amido (Swinkels, 1985; Rooney e Pflugfelder, 1986).

4.2. Lipídios do grão de milho

Os grãos de milho geralmente contêm de 3,5 a 4,0% de extrato etéreo, concentrado principalmente no gérmen, 90,0% deste são triglicerídeos. Existem também ácidos graxos livres e fosfolípidos (Weber, 1983). Os principais ácidos graxos são o palmítico (8,0-13,0%), oleico (24,0-32,0%) e linoleico (55,0-62,0%). Existem variedades de milho ricas em óleo que apresentam aproximadamente 7,0% de óleo. Este tipo de milho vem sendo utilizado em alguns países na alimentação de monogástricos, com o intuito de aumentar a densidade energética das dietas. Poucos trabalhos com milho rico em óleo foram realizados com bovinos leiteiros. A substituição do milho normal pelo rico em óleo em dietas fornecidas *ad libitum* com 44,0% de grão de milho para vacas leiteiras não modificou o consumo, a produção de leite e os conteúdos de proteína e gordura do leite em experimento realizado por Elliot et al. (1993). Já nos trabalhos de Atwell et al. (1998) e LaCount et al. (1995), observou-se aumento no consumo alimentar dos animais que receberam milho rico em óleo.

Na camada de aleurona e no endosperma vítreo do milho, estão presentes os carotenoides, substâncias lipídicas que conferem a cor ao grão de milho. Zeaxantina, luteína, betacriptoxantina, alfa e betacarotenos são os principais carotenoides do milho (Paes, 2006).

4.3. Proteínas do grão de milho

A maior parte das proteínas do grão de milho concentra-se no endosperma (74,0%). Estas são prolaminas, chamadas de zeínas, que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro do endosperma. São proteínas de reservas ricas nos aminoácidos metionina e cisteína, mas pobres em lisina e triptofano. O gérmen contém quantidades importantes de proteínas do tipo albuminas, globulinas e gluteínas, que diferem significativamente em composição das encontradas no endosperma, apresentando teores mais elevados de lisina e triptofano.

Existem alguns híbridos de milho de alta qualidade proteica, os chamados QPM (*Quality Protein Maize*), resultado de melhoramento genético a partir do mutante *opaque 2* (Molina et al., 2001). Neste material, as quantidades dos aminoácidos lisina e triptofano são maiores, conferindo qualidade nutricional superior. Para Michalet-Doreau e Doreau (1999), a extensão da degradação ruminal da fração nitrogenada do milho QPM é maior que a de um milho normal, assim a quantidade de lisina sobrepassante é baixa, tornando a utilização desta pouco vantajosa.

A composição e a distribuição das frações proteicas nos grãos estão envolvidas diretamente na textura do endosperma. Alguns estudos têm mostrado forte relação entre a concentração de prolaminas com a textura do endosperma (Pratt et al., 1995). Outra evidência de que as prolaminas estão envolvidas na determinação da textura é a de que a concentração dessas é maior no endosperma vítreo que no farináceo, independentemente da textura do endosperma. Dombink-Kurtzman e Bietz (1993) encontraram, em média, concentrações 3,3 vezes maiores de α -prolamina no

endosperma vítreo dos grãos de nove genótipos de milho, embora as concentrações de γ -prolaminas tenham sido quase duas vezes maiores no endosperma farináceo.

5. MILHO GRÃO NA ALIMENTAÇÃO DE REBANHOS LEITEIROS

O milho é o alimento energético padrão. As várias formas de processamento podem alterar-lhe o valor nutritivo, mudando o local e a intensidade de digestão. Normalmente o grão de milho é usado na forma de fubá ou quirera (milho passado em peneira grossa). Nos concentrados utilizados para bovinos leiteiros, o milho fubá pode ser a base energética. O limite de inclusão é de aproximadamente 3,0kg ao dia por unidade animal (UA). Maiores quantidades podem ser agregadas por meio da manipulação ruminal.

Quantidades superiores à indicada podem levar à redução da eficiência do aproveitamento energético do amido, com acentuada redução do pH ruminal, resultante da fermentação dos carboidratos solúveis, produção excessiva de ácidos graxos voláteis, redução do tempo de mastigação (com redução na salivação) e ruminação. A consequência destes eventos pode ser o aparecimento de acidose, paraqueratose, laminite, dentre outros distúrbios metabólicos, podendo levar o animal à morte. O fornecimento de dieta completa (concentrado misturado ao volumoso), o aumento na frequência de refeições e a utilização de agentes tamponantes e/ou alcalinizantes (ex.: fornecer 1% da ingestão da matéria seca da mistura de bicarbonato de sódio e óxido de magnésio, na relação de 3:1) podem permitir maiores inclusões e evitar os problemas metabólicos citados anteriormente.

O processamento do grão de milho pode alterar o seu valor nutritivo pela moagem, gelatinização, floculação e laminação. Vários métodos de processamento de grãos têm sido utilizados, com a finalidade de observar suas influências sobre a digestão do amido no trato digestivo total. Segundo Mello Júnior (1991), os processos de moagem, quebra, laminação e floculação influenciam a extensão da digestão e do local onde esta ocorre, podendo alterar a eficiência da utilização da energia proveniente do amido. Esta influência ocorre por causa de alterações físicas e/ou químicas na estrutura do grão. No NRC (2001), são citadas, por exemplo, diferenças nos valores de nutrientes digestíveis totais para as distintas formas de processamento dos grãos (ex.: milho quebrado com 84,9%, milho moído com 88,7%, milho de alta umidade com 91,5% e milho floculado com 91,7%).

Alterações físicas são obtidas principalmente por diferentes graus de moagem, que têm como efeito a redução no tempo de permanência do alimento no rúmen. As alterações químicas são resultantes do tratamento dos grãos com pressão a vapor, visando à gelatinização dos grânulos de amido que permite maior absorção de água, resultando em melhor digestão enzimática.

A seguir, serão descritas as principais formas de processamento do grão de milho:

Moagem - modifica a estrutura física dos grãos inteiros, rompendo o endosperma e aumentando a superfície de contato do amido às amilases, aumentando-se a digestibilidade ruminal do amido. Estudos com dietas para vacas de leite, compostas por 54,5% de concentrado, evidenciaram que o tamanho das partículas dos grãos altera a taxa e a extensão da digestão do amido. Quando os grãos de milho são finamente moídos, a digestão da MS no trato digestivo total é maior (69,3%) do que quando os grãos são inteiros (59,1%) e ocorre a redução da eliminação de grãos nas fezes (Moe et al., 1973). San Emeterio et al. (2000), ao avaliarem o efeito do grau de moagem sobre o desempenho de vacas leiteiras, encontraram maiores produções de leite e de proteína do leite para as vacas alimentadas com milho finamente moído. Já Reis et al. (2001) não observaram efeito do grau de moagem para vacas leiteiras mantidas em pastagens. A escolha da moagem fina (fubá) ou grosseira (milho quireira) ainda é uma questão duvidosa para produtores e técnicos da pecuária leiteira, mas a recomendação mais aceita é a utilização da moagem fina.

Quebra (laminação a seco) - o grão inteiro é quebrado em pedaços menores, após passar por um rolo cujo ajuste estabelece a intensidade da quebra. Como na moagem, o grão sofre modificação somente na estrutura física, embora de forma mais branda. Consegue-se um aumento da digestibilidade ruminal em relação ao grão inteiro. Por outro lado, em relação à moagem, a digestibilidade ruminal é menor. O uso de concentrados contendo grãos submetidos a este tipo de processamento determina aumento na quantidade de amido que chega ao intestino delgado. O amido, neste tipo de processamento, pode ser pouco disponível por não sofrer gelatinização e ter reduzida superfície de exposição às amilases (Mello Júnior, 1991).

Laminação a vapor - o grão inteiro é depositado por um tempo preestabelecido em condicionador abastecido por linha de vapor. Devido ao aumento da umidade e da temperatura no interior do condicionador, inicia-se o processo de gelatinização do amido. A intensidade deste tipo de tratamento é que vai ditar a extensão da gelatinização. A temperatura chega a 90,0 e 95,0°C, e o tempo médio de permanência é de 15 a 20 minutos. A umidade média do grão fica entre 17,0 e 20,0%. Em seguida estes grãos caem por gravidade nos rolos compressores, localizados abaixo do condicionador, que são responsáveis pela laminação. A espessura do grão laminado é de aproximadamente 1,5 a 2,4mm. Posteriormente, os grãos já laminados e parcialmente gelatinizados são encaminhados ao secador. Neste tipo de processamento, o amido dos grãos sofre modificação tanto na estrutura química (gelatinização) quanto na estrutura física (laminação). Em função do maior tamanho das partículas do grão laminado a vapor, há maior quantidade de amido gelatinizado que chega ao intestino delgado.

Floculação - os grãos também ficam no condicionador abastecido por uma linha de vapor. Entretanto, comparativamente com o processo de laminação a vapor, o tempo de permanência no condicionador é maior (30 a 40 minutos), bem como a temperatura utilizada (90 a 105°C) e a umidade dos grãos (20,0 e 24,0%). Em seguida, os grãos caem por gravidade nos rolos compressores. Além dos rolos laminadores, os grãos passam por um segundo par de rolos, ajustados de forma a comprimirem ainda mais

os grãos, realizando a floculação e deixando-os com espessura próxima de 0,9 a 1,1mm. Na sequência, os grãos floculados passam pelo secador. Os estudos com a floculação do milho para alimentação de vacas leiteiras, realizados principalmente nos Estados Unidos, têm evidenciado o aumento da degradabilidade ruminal do amido e a melhora no desempenho de vacas leiteiras.

Pipoca - o aumento da temperatura do grão leva à expansão da umidade interna e, conseqüentemente, à explosão, causando o rompimento do pericarpo. É considerada uma forma de processamento intensa e aumenta a degradabilidade ruminal do amido (Imaizumi, 2005).

6. EFEITOS DO LOCAL DE DIGESTÃO DO AMIDO NA PRODUÇÃO E NO METABOLISMO DE VACAS LEITEIRAS

A possibilidade de alterar o local de digestão do amido do milho com o processamento pode ter implicações na produção, reprodução e saúde de vacas leiteiras. Reynolds (2006), em artigo de revisão, mencionou que a produção média de sólidos do leite de vacas vem aumentando linearmente nos últimos 50 anos, o que faz com que seja cada vez mais desafiante atender as exigências de animais de alto potencial genético, sem afetar a saúde e a reprodução. A suplementação com amido é uma opção muito utilizada para aumentar a densidade da dieta na tentativa de atender a demanda de carbono e glicose exigida por vacas de alta produção. Reynolds (2006) afirmou que, há tempos, acredita-se que o aumento da digestão do amido no intestino delgado e da absorção de glicose seja benéfico em termos de eficiência energética e na resposta em produção, mas os dados que sustentam estes dogmas são equivocados. Inúmeros trabalhos com aumento de amido sobrepassante e de infusão de glicose têm possibilitado aumentos na produção de leite e redução na gordura do leite, mas com pouco efeito no balanço energético, principalmente em vacas no início da lactação.

Na conclusão de sua revisão, Reynolds (2006) afirmou que parece existir capacidade considerável de digestão do amido no intestino delgado de vacas leiteiras. Porém, o aumento da digestão de amido no intestino delgado aumenta o aporte de glicose, mas a expensas da síntese de proteína microbiana no rúmen, com aumento da fermentação no intestino grosso, e da perda de proteína microbiana nas fezes. O autor afirma ainda que a mudança no local de digestão do amido tem implicações na absorção de nutrientes pela veia porta, mas o suprimento de glicose aumenta com o incremento de digestão no rúmen ou intestino, mudando apenas a rota de aquisição desta glicose (fígado por meio da gliconeogênese ou absorção direta). O aumento de aporte de glicose via absorção intestinal é acompanhado pela maior utilização da glicose arterial pelos tecidos drenados pela veia porta, como os depósitos de gorduras mesentéricas e omentais. Assim, o suprimento extra de glicose (via absorção intestinal) é utilizado eficientemente no tecido adiposo e na retenção proteica, afetando muito pouco a produção de energia através do leite e alterando o *status* de insulina, podendo ainda ter impactos positivos na saúde e na eficiência reprodutiva, principalmente em vacas no início da lactação.

Os avanços dos estudos sobre local de digestão do amido vêm possibilitando a indicação de diferentes formas de processamento ou genótipos de milho que possibilitem a alteração do local de digestão do amido, visando à máxima produção, à saúde dos animais e à eficiência reprodutiva.

7. COPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO MILHO

São dois processos que dão origem aos coprodutos do milho: a moagem seca e a úmida. No Brasil, a principal indústria moageira de milho é do tipo “moagem seca”, enquanto, na Europa e nos Estados Unidos, é utilizada a “moagem úmida” (Paes, 2006).

A maioria dos coprodutos é gerada pelo processamento por via úmida. Ao se iniciar o processo de industrialização propriamente dito, os grãos sofrem limpeza e são, então, colocados em uma série de tanques com solução de água sulfitada. Esse procedimento, que dura de 24 a 48 horas, tem por finalidade desintegrar a proteína aderente ao amido no interior do grão, amolecendo-o e facilitando a moagem. O liquor, removido a partir do processo, sofre evaporação, e a umidade resultante é de aproximadamente 55%, constituindo, assim, um subproduto que pode ser utilizado na alimentação animal.

Após a maceração, o amido é degerminado por meio de moagem grosseira, produzindo um material em forma de polpa, que contém gérmen, película, amido e glúten. Essa massa passa, então, por separador, que isola o gérmen do resto do material. Do gérmen, extrai-se o óleo, por processos hidráulicos e solventes e, após a secagem do resíduo, este é comercializado como farelo de gérmen.

Em seguida à separação do gérmen, o material remanescente, contendo amido, película e glúten, passa por uma série de peneiras, a fim de se separar as várias frações fibrosas do amido. As frações fibrosas são secadas e comercializadas como subprodutos para as indústrias de rações.

A seguir, são descritos os principais coprodutos do milho passíveis de serem utilizados na alimentação de rebanhos leiteiros:

Casca do grão de milho - constitui subproduto do beneficiamento para obtenção do óleo e do amido. Dependendo da umidade, pode apresentar desenvolvimento de fungos. Portanto, faz-se necessária sua secagem rápida ou a sua ensilagem. Geralmente a maior parte desse resíduo é utilizada na produção do farelo proteinoso de milho.

Farelo de milho - é obtido da moagem a seco da mistura do gérmen (com ou sem a remoção do óleo), tegumentos e parte da porção amilácea da semente. A composição química assemelha-se à do fubá, porém é resultante da extração do amido. Pode ser encontrado com ou sem óleo. Apresenta um pouco mais de proteína que o grão integral, mas contém mais fibra (Andrigueto et al., 1990).

Farelo de gérmen de milho - é obtido no processamento por via úmida, após separação do gérmen em moinhos de disco. Este subproduto do grão de milho consiste basicamente do gérmen, que contém cerca de 11,0% de PB e 5,0 a 6,0% de óleo (Velloso, 1984).

Farinha desengordurada do gérmen - na primeira moagem dos grãos (“via úmida”), logo após sua infusão em água e a retirada desta, faz-se a separação do gérmen, que contém cerca de 11,0% de PB e 5,0 a 6,0% de óleo. Extraído o óleo, sobra um resíduo que recebe a denominação de farinha desengordurada de gérmen, que contém 20,0% de PB e 1,0% de óleo (Velloso, 1984). Este produto pode ser comercializado isoladamente ou junto com as cascas, películas e glúten para formar a farinha de glúten e o farelo de glúten.

Farelo proteínoso de milho - esse produto está disponível no Brasil com o nome de Refinazil, produzido pelas Refinações de Milho Brasil, e de Promil, produzido pela Cargill. É constituído pela parte externa do grão de milho, remanescente, após a extração da maior parte do amido, do glúten e do gérmen. Pode ser utilizado como fonte alternativa de energia e/ou proteína para ruminantes, substituindo, parcialmente e em níveis variáveis, a forragem e concentrados proteicos e energéticos (Vieira, 1991). Em relação ao nível energético, o Refinazil pode ser considerado um fornecedor de energia em dietas para bovinos em substituição parcial da fonte energética. O teor de NDT é de 83,0%, o que lhe confere alto teor energético. Vieira (1991) citou resultados de produção de leite semelhantes para vacas leiteiras que receberam o Refinazil em substituição parcial da silagem de milho e do concentrado, embora tenha havido aumento da ingestão de MS e tenha reduzido o teor de gordura do leite.

Farelo e farinha de glúten (corn gluten meal) - a diferença entre o farelo e a farinha é que o primeiro contém 40,0% de proteína, e a segunda 60,0%. No Brasil, encontra-se comercialmente a farinha, que recebe o nome comercial de Protenose, produzida pelas Refinações de Milho Brasil, e a Glutenose 60, produzida pela Cargill. Da quantidade de milho que entra para ser processado, 5,5% são transformados em farinha de glúten (Henrique e Bose, 1995). A farinha de glúten de milho consiste, principalmente, de glúten de milho separado pelo processo da moagem úmida, na extração do amido. Possui proteína com alto teor de metionina. É um subproduto muito utilizado para bovinos, podendo substituir totalmente as frações proteicas da dieta (Vieira, 1991). Para vacas de alta produção, a farinha de glúten tem como desvantagem a baixa qualidade da fração proteica (é deficiente em lisina), necessitando de complementação com outras fontes. Tanto a farinha como o farelo de glúten são boas fontes de proteína não degradável no rúmen (Henrique e Bose, 1995).

Canjica de milho - subproduto da industrialização do milho por via seca, é constituído de gérmen e de tegumentos que são removidos juntos com partículas amiláceas. Possui valor nutritivo inferior ao do milho, boa palatabilidade e apresenta 11,0% de proteína bruta e 70,0% de nutrientes digestíveis totais (Vieira, 1991).

Liquor - é o subproduto resultante do processo de água sulfitada, possuindo aproximadamente 6,0% de sólidos, dos quais 35,0 a 40,0% consistem de proteínas. Após a secagem, esse produto tem a umidade reduzida para 55,0%, tornando-se uma substância condensada de alto teor proteico, a qual pode ser utilizada na alimentação de bovinos. Tem sido utilizado como suplemento líquido, visando fornecer proteína de fácil degradabilidade para bovinos, em proporções de até 50,0% da dieta e, também, como aditivo em rações peletizadas de aves, suínos e bovinos (Vieira, 1991).

Coprodutos da produção do etanol a partir do milho - a produção de etanol a partir do grão de milho é a principal estratégia de geração de biocombustível nos Estados Unidos. O crescimento da indústria de etanol naquele país vem sendo um estímulo econômico para a agricultura e propicia a geração de enormes quantidades de coprodutos do milho, disponíveis para a alimentação animal. O domínio da tecnologia de utilização destes coprodutos é fundamental para a sustentabilidade da produção de energia de fontes renováveis, já que um terço do grão processado para este propósito é transformado em coproduto. O grande volume de dados publicados recentemente nas principais revistas científicas norte-americanas ilustra o esforço dos pesquisadores em estabelecer a melhor forma de utilização destes. A utilização na alimentação de rebanhos leiteiros vem sendo sugerida como alternativa viável. No ano de 2007, até a edição de abril do *Journal of Dairy Science*, já foram publicados 91 artigos relacionados de alguma forma à utilização de coprodutos do milho oriundos da produção de etanol (*Corn Distillers Grains*).

No processo de produção do etanol, o milho limpo é fermentado, produzindo etanol e dióxido de carbono. Dois coprodutos são gerados: um sólido, chamado de grãos úmidos de destilaria (*wet distillers grains*), constituído por porções não fermentadas do grão, e o segundo, que compreende substâncias que se acumulam na superfície, composto por água, leveduras, pequenas partículas e nutrientes solúveis (chamado de solúveis). Os grãos úmidos de destilaria podem ser desidratados e comercializados como grãos secos de destilaria (*dry corn distillers grains*). No processo de desidratação, podem ainda ser acrescentados os solúveis, dando origem ao grão seco de destilaria com solúveis.

Os coprodutos da destilaria representam mais que uma fonte de nitrogênio (25,0% de proteína bruta), a fibra fermentável presente nestes coprodutos, por ser mais lentamente degradável que o amido, contribui para a redução da chance de desenvolvimento de acidose ruminal (Klopfenstein, 2001). Os grãos de destilaria apresentam, em média, 30,0% de FDN e 13,0% de extrato etéreo.

Comparando-se o coproduto de destilaria úmido com o desidratado, são poucas as diferenças na composição bromatológica, mas os dados de Firkins et al. (1985) indicaram maiores quantidades de proteína não degradável no rúmen para o coproduto desidratado comparado com o coproduto úmido. Al-Suwaiegh et al. (2002) não encontraram diferenças na produção, composição do leite, digestibilidade da fibra e eficiência na produção de leite de vacas alimentadas com inclusão de 15,0% da ingestão de matéria seca de coprodutos desidratados ou úmidos. A decisão em utilizar

o resíduo desidratado ou úmido deve ser baseada no custo-benefício, pois a umidade pode inviabilizar o transporte do resíduo úmido por longas distâncias e também dificultar o armazenamento, porém a compra do resíduo úmido pode ser mais vantajosa se a distância entre a usina e a fazenda for pequena.

Um dos problemas da utilização dos coprodutos de destilaria é a falta de padronização na composição nutricional destes. Knott et al. (2004) demonstraram que os teores de proteína bruta podem variar de 25,0 a 35,0%, os de extrato etéreo de 10,0 a 12,0%, e os de fósforo de 0,8 a 1,0%. Assim, a avaliação da composição bromatológica deve ser rotina para quem pretende utilizar estes coprodutos em dietas de rebanhos leiteiros.

A indicação dos níveis de inclusão de grãos de destilaria depende da composição e do preço, mas geralmente esses níveis se encontram entre 15,0 e 20,0% da ração (base na matéria seca). Pesquisas têm demonstrado aumento no consumo de matéria seca com adição de grãos de destilaria (Powers et al., 1995), o que não foi observado no trabalho de Leonardi et al. (2005). Carvalho et al. (2006) notaram que a utilização de grãos desidratados de destilaria reduziu a produção de proteína do leite devido ao desbalanceamento de aminoácidos (principalmente lisina).

Como os grãos de destilaria apresentam aproximadamente 13,0% de extrato etéreo, níveis elevados podem interferir na síntese de gordura do leite, e este é um dos fatores de limitação de inclusão destes em dietas de vacas leiteiras. Leonardi et al. (2005) não encontraram efeito da adição de grãos de destilaria até níveis de 15,0% em dietas de vacas leiteiras e concluíram que este alimento é uma boa fonte de energia quando as dietas têm 28,0% de FDN e menos de 5,0% de ácidos graxos. Cuidados especiais devem ser tomados nos níveis de lisina, FDN, fibra efetiva e gordura quando os coprodutos da destilaria são incluídos na dieta de vacas leiteiras.

8. SILAGEM DE MILHO PARA GADO DE LEITE: CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM O VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM

Os objetivos do melhoramento do milho (*Zea mays* L.) foram, por muito tempo, limitados por critérios agrônômicos, como a produção de grãos por hectare, resistências a doenças, a pragas e aos estresses climáticos (Michalet-Doreau e Doreau, 1999). Porém, a utilização do milho na forma de silagem da planta inteira é crescente no mundo todo, o que demanda a seleção de genótipos de milho especificamente para a produção de silagem de alta qualidade nutritiva.

Algumas companhias de melhoramento genético do milho testaram seus híbridos graníferos quanto à aptidão para a produção de silagem antes de iniciar a seleção de genótipos específicos para a produção de silagem (Aseltine, 1988). Porém, os híbridos graníferos podem apresentar características agrônômicas indesejáveis para a produção de silagem, como o endurecimento precoce dos grãos e o conteúdo elevado dos constituintes da parede celular, comprometendo o valor nutricional da silagem.

Atualmente, há no mercado mundial alguns genótipos de milho desenvolvidos especificamente para a produção de silagem. Estes híbridos podem apresentar como atributos especiais o aumento na digestibilidade da fibra, o maior número de folhas acima da linha da espiga, características bioquímicas e físicas do grão mais adequadas para maximizar o aproveitamento do amido ou apresentar maior teor de óleo no grão.

8.1. Conteúdo de grãos e qualidade da silagem

O conteúdo de grãos na silagem pode ser estimado por duas formas: a) direta, por meio da separação e da pesagem dos grãos de uma amostra significativa de plantas de milho antes da ensilagem e b) indireta, por meio do estudo da relação espiga:planta inteira, ambos na base da matéria seca. Em um estudo de caracterização agrônômica de vários genótipos de milho para a produção de silagem, os conteúdos de grãos na planta inteira variaram de 24,0 a 45,0%, na matéria seca (Phipps e Weller, 1979). Moreira (2000), trabalhando com genótipos de milho, relatou que os conteúdos de grãos variaram de 45,7 a 55,62%, na matéria seca. Costa (2000) encontrou resultados em que as relações espiga:planta inteira de 12 genótipos de milho modernos comercializados no mercado brasileiro variaram de 39,17 a 48,45%, na matéria seca.

A influência do conteúdo de grãos sobre a composição química das silagens foi reportada por Phipps e Weller (1979). As silagens com alto conteúdo de grãos (50,0% de grãos na matéria seca) contiveram menos fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e mais amido que as silagens com baixo conteúdo de grãos (26,0% de grãos na matéria seca). Moreira (2000) observou redução nos teores de FDN e de FDA e um aumento no teor de amido com o aumento da proporção de grãos nas silagens.

A qualidade das silagens de milho é frequentemente associada à proporção de grãos na planta inteira. Porém, o maior conteúdo de grãos e de amido e o menor de constituintes da parede celular não influenciaram a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e a ingestão de matéria seca da silagem de milho (Hemken et al., 1971; Phipps e Weller, 1979). Russel et al. (1992) mostraram que a diferença na relação espiga:parte vegetativa de genótipos de milho diferentes (0,66 a 1,29, na base da matéria seca) não influenciou a digestibilidade *in vitro* da planta fresca ou ensilada.

A relação entre conteúdo de grãos nas silagens e produção de leite é controversa. No estudo de Phipps e Weller (1979), as vacas produziram mais leite e com menor teor de gordura quando alimentadas com silagem com alto conteúdo de grãos. Hemken et al. (1971) mostraram pequena ou nenhuma vantagem das silagens de alto teor de grãos sobre o desempenho de vacas de leite.

Em virtude da falta de significância do teor de grãos sobre o desempenho das vacas, Hemken et al. (1971) recomendaram o plantio de variedades de milho com base na produção de matéria seca/ha e não pelo conteúdo de grãos. Tais recomendações devem ser interpretadas com cuidado porque estes autores trabalharam com vacas de

média produção (16kg/dia). Portanto, é muito provável que estas vacas tenham encontrado suas exigências de energia para a produção de leite mesmo quando alimentadas com silagens de baixo conteúdo de grãos. Na literatura, é citado que fatores como a maturidade da planta de milho (Irlbeck et al., 1993), a textura do grão (endosperma duro ou farináceo) (Philippeau et al., 1998), a digestibilidade da fibra (Oba e Allen, 1999), o tamanho de partícula e o processamento da silagem (Bal et al., 2000) podem influenciar mais a qualidade nutricional da silagem que o teor de grãos em si.

8.2. Digestibilidade da fibra e qualidade da silagem

Como discutido previamente, o conteúdo de grãos não é um fator decisivo sobre a qualidade da silagem de milho, embora, frequentemente, os híbridos com alta produção de grãos sejam recomendados como os mais adequados para a produção de silagem (Buxton et al., 1996). Irlbeck et al. (1993) mostraram que a parte vegetativa da planta (planta inteira menos a espiga) representou a metade da matéria seca total da planta. Desta forma, a digestibilidade da parte vegetativa tem uma grande influência sobre a qualidade nutricional da silagem.

Os híbridos de milho que contêm menor concentração de lignina apresentam maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Oba e Allen, 1999) e maiores degradabilidades da matéria seca e da FDN no rúmen (Bal et al., 2000) que os híbridos normais. Portanto, eles devem melhorar o consumo de matéria seca da forragem e o desempenho de vacas de leite. Contudo, existe um limite prático na redução do teor de lignina e dos componentes da parede celular nos híbridos de milho, de forma que características agrônômicas como as resistências ao acamamento e às doenças não sejam intensificadas nos genótipos de baixa lignina (Buxton et al., 1996).

Os melhoristas genéticos de plantas desenvolveram genótipos mutantes de milho com a introdução dos genes BM (*Brown Midrib* ou genes da nervura marrom) no genoma do milho. É bem conhecido que esta mutação determina uma sensível diminuição nos teores de lignina na planta. Dos quatro genes BM testados (BM-1, BM-2, BM-3 e BM-4), o BM-3 foi o que permitiu a maior diminuição no teor de lignina na planta e, por isto, tem sido o mais usado como modelo para o estudo da lignina sobre a digestibilidade da fibra do milho (Michallet-Doreau e Doreau, 1999). A mutação da nervura marrom BM-3 determinou a redução de 50% nos teores de lignina na planta de milho (Cone e Engels, 1993), mas reduções menores têm sido reportadas (Keith et al., 1979; Oba e Allen, 1999). Tovar-Gómez et al. (1997) encontraram resultados em que as hastes de híbridos de milho BM-3 apresentaram menores conteúdos de todos os constituintes da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) e não só de lignina, em relação aos híbridos normais. A diminuição nos constituintes da parede celular foi acompanhada do aumento no conteúdo de carboidratos rapidamente fermentáveis, o que explicou a maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca das hastes do híbrido BM-3.

Muitos estudos comprovam as vantagens nutricionais dos híbridos BM-3 em relação aos seus isogênicos (híbridos geneticamente idênticos, porém sem a mutação BM-3)

para vacas de leite (Keith et al., 1979; Block et al., 1981; Oba e Allen, 1999; Moreira, 2000).

Keith et al. (1979) verificaram que o teor de lignina do híbrido BM-3 foi 24,0% menor em relação ao seu isogênico. A ingestão de matéria seca por vacas no terço médio da lactação (g/unidade de tamanho metabólico) não foi influenciada pelo genótipo, mas a produção de leite e de leite corrigido para gordura foi maior para o BM-3. O melhor desempenho das vacas foi atribuído ao aumento da digestibilidade da parede celular no rúmen para o híbrido BM-3.

Apesar das características nutricionais favoráveis, os genótipos mutantes BM-3 não são utilizados em larga escala para a produção de silagem porque apresentam importantes limitações agrônômicas, como a maior susceptibilidade a doenças e ao acamamento e menor produção de matéria seca/ha, em relação aos genótipos normais (Gallais et al., 1980). Além disto, o custo da semente é muito elevado.

8.3. A composição bioquímica do amido do grão e a qualidade da silagem

O teor de amido e a proporção amilose:amilopectina variam entre os diferentes genótipos de milho. Philippeau e Michalet-Doreau (1997) encontraram valores entre 61,0 e 68,6% de amido nos grãos de milho de endosperma macio (*dent*) e entre 58,6 e 67,9% para os grãos de endosperma duro (*flint*). Philippeau et al. (1998) encontraram teores de amido que variaram de 64,3 a 74,4% para grãos de milho com o endosperma macio e com o endosperma duro, respectivamente. Porém, o genótipo (*flint* ou *dent*) não influenciou o teor de amido do grão em outro estudo (Philippeau et al., 1999).

Os híbridos comuns contêm em torno de 25,0% de amilose e 75,0% de amilopectina no grão. Entretanto, existem variedades que possuem a composição do amido bastante diversificada. O amido de genótipos cerosos (*waxy*) é formado integralmente por amilopectina, enquanto o amido dos genótipos de alta amilose (*amylose-extender*) é formado por quantidades iguais de amilose e amilopectina (Michalet-Doreau e Doreau, 1999). Philippeau et al. (1998) encontraram resultados em que os teores de amilose variaram com o genótipo, obtendo 5,1, 27,0 e 48,0% para os híbridos ceroso, normal e o de alta amilose, respectivamente.

As informações sobre a influência da composição bioquímica do amido do grão sobre o desempenho de vacas de leite são escassas. Um único estudo disponível foi conduzido por Moreira (2000) com vacas leiteiras de alta produção. Este comparou desempenho de vacas alimentadas com silagens produzidas por híbridos de milho de endosperma ceroso em relação à silagem produzida por um híbrido comum. A silagem do híbrido ceroso resultou em maior produção de leite em relação à silagem comum. Contudo, outros parâmetros de desempenho avaliados neste estudo, como quantidade de leite corrigida para 3,5% de gordura, eficiência alimentar, produção de leite corrigida para o teor de sólidos e produção dos constituintes do leite, foram semelhantes entre as silagens.

8.4. A textura dos grãos e a qualidade da silagem

A textura do grão apresenta grande influência sobre a degradabilidade do amido no rúmen. Philippeau et al. (1998) compararam a degradabilidade dos grãos de milho de três genótipos vítreos e de três farináceos. Os resultados mostraram que as degradabilidades e as taxas de degradação dos grãos farináceos foram mais altas que as dos grãos duros (71,0 e 58,0%; 11,8 e 5,8%/h, respectivamente). As discrepâncias na extensão e na taxa da degradação se deveram à maior fração do amido rapidamente degradável nos grãos farináceos em relação aos grãos vítreos.

As diferenças na extensão e na taxa de degradação do amido dos grãos de diferentes texturas também são relacionadas com a composição e a localização das principais proteínas do milho, as α, β, δ -zeínas e as glutelinas verdadeiras. As α, β, δ -zeínas formam os corpos de estocagem de proteína no grão para o embrião, enquanto as glutelinas formam a matriz proteica que envolve os grânulos de amido. No estudo de Philippeau et al. (1998), a fração rapidamente degradada do amido foi associada positivamente com as α, β, δ -zeínas, enquanto a fração lentamente degradada do amido o foi com as glutelinas verdadeiras, evidenciando a influência da matriz proteica na redução da degradabilidade do amido do grão no rúmen.

8.5. O conteúdo de óleo dos grãos e a qualidade da silagem

Apesar de possuírem valores mais elevados de extrato etéreo no grão e na silagem em relação aos genótipos de milho comuns, os genótipos de alto óleo somente determinam ligeiro aumento no teor de extrato etéreo nas dietas totais típicas (Elliott et al., 1993), o que, possivelmente, não compromete a degradabilidade da fibra no rúmen. LaCount et al. (1995) forneceram quatro dietas experimentais para 45 vacas de leite de alta produção a partir da quarta semana de lactação. As dietas foram arranjadas em esquema fatorial 2x2 (dois tipos de silagens: uma comum e outra feita com um híbrido de alto teor de óleo no grão; dois tipos de grãos no concentrado: um comum e outro de alto teor de óleo). A dieta continha silagem pré-secada de alfafa, silagem de milho e concentrado nas proporções de 25:25:50, em que o milho grão moído correspondeu a 54,0% do concentrado, na matéria seca. Os teores de extrato etéreo variaram de 2,27 a 3,33% na matéria seca total, para as dietas constituídas por milho grão mais silagem comuns e para aquela dieta constituída de milho grão e silagem de alto óleo, respectivamente.

O experimento acima demonstrou pequenas diferenças na ingestão de matéria seca e na produção de leite e de seus constituintes para a dieta contendo milho de alto óleo, provavelmente porque o pequeno incremento no teor energético na dieta foi insuficiente para suportar níveis mais elevados de produção de leite e de seus constituintes. O pequeno incremento no extrato etéreo nas dietas também explicou a ausência de efeitos negativos sobre a digestibilidade da FDN, a despeito do elevado grau de insaturação dos ácidos graxos do milho.

Estudos recentes corroboram os resultados obtidos por LaCount et al. (1995), em que a silagem de milho de alto óleo não melhorou o desempenho de vacas de alta produção (Moreira, 2000). No estudo de Atwell et al. (1988), foi verificado que as vacas consumiram em média 12% mais milho de alto óleo (grãos e silagem) que o milho comum. A digestibilidade da matéria seca foi adversamente afetada pelo aumento do teor de óleo, mas a produção de leite e dos componentes não foi afetada. Porém, as vacas alimentadas com milho de alto óleo recuperaram o escore da condição corporal mais rapidamente que as vacas alimentadas com milho comum, indicando que o óleo aumentou efetivamente a densidade energética da dieta.

8.6. A proporção de folhas em relação à planta inteira e à qualidade da silagem

Os híbridos de milho folhosos são comercializados no mercado como híbridos específicos para a produção de silagem da planta inteira. Estes são caracterizados pelo maior número de folhas acima da linha da espiga e pelos teores de umidade mais elevados nos grãos e na planta inteira em relação aos híbridos comuns (Bal et al., 2000) no estágio de maturidade.

Em um estudo de caracterização agrônômica de vários híbridos de milho, Phipps e Weller (1979) reportaram que a proporção de folhas variou de 11,0 a 42,0% da matéria seca da planta inteira. Verbic et al. (1995) mostraram que a proporção de folhas na matéria seca da planta inteira variou de 13,41 a 19,29% para os híbridos granífero e folhoso, respectivamente. Outros autores reportaram menor proporção de folhas para híbridos de milho folhosos, em torno de 13,0% da matéria seca da planta inteira (Moreira, 2000; Kuehn et al., 1999).

As folhas são caracterizadas pelos teores mais elevados de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e pelo teor mais baixo de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em relação à planta inteira do milho (Kuehn et al., 1999). Phipps e Weller (1979) reportaram que as folhas apresentaram teores mais elevados de FDA e teores variados de lignina em relação à planta inteira. Verbic et al. (1995) mostraram que a taxa e a extensão de degradação das folhas foram superiores às das hastes (5,3 e 3,9%/h e 69,3 e 54,9%, respectivamente), durante 48h de incubação *in situ* no rúmen. A taxa de degradação das folhas foi semelhante à dos grãos (5,3 e 5,7%/h), porém a extensão de degradação das folhas foi muito inferior (69,3 e 94,7%) devido aos conteúdos mais elevados de carboidratos estruturais e baixos em amido em comparação com os grãos.

Embora as folhas dos híbridos folhosos tenham apresentado teores semelhantes de proteína bruta, de FDN e de FDA em relação às folhas dos híbridos graníferos, elas tiveram teores mais elevados de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da FDN. Apesar da pequena participação das folhas na matéria seca da planta inteira (13,0%), a silagem produzida com híbrido folhoso apresentou teores de DIVMS e da FDN de 2,5 e 3,5% superiores em relação à silagem feita com o híbrido granífero (Kuehn et al., 1999). Neste experimento, os teores mais elevados de DIVMS e da FDN da silagem feita com o híbrido folhoso, entretanto, não influenciaram o consumo de matéria seca,

de matéria orgânica, de FDN e de FDA e nem a produção de leite ou de seus componentes em relação à silagem feita com o híbrido granífero.

Bal et al. (2000) compararam a composição química e as degradabilidades da matéria seca, da FDN e do amido das silagens produzidas por híbridos folhoso e granífero. A silagem produzida pelo híbrido folhoso apresentou 3,5 pontos percentuais a menos no teor de matéria seca em relação ao híbrido granífero (32,4 e 35,9%, respectivamente). As concentrações de FDN, de FDA e de amido foram semelhantes entre híbridos (46,0 e 45,1; 27,8 e 27,4; 27,9 e 28,6%, para os híbridos folhoso e granífero, respectivamente). As extensões de degradação da FDN e da FDA foram semelhantes entre híbridos (57,8 e 29,8%, na média dos dois híbridos) e mais elevadas para o amido do híbrido folhoso em relação ao híbrido granífero (84,7 e 75,6%, respectivamente). Os autores sugeriram que a maior degradação do amido do híbrido folhoso foi relacionada à menor dureza do grão deste em relação à do híbrido granífero.

Moreira (2000) não encontrou diferenças quanto à ingestão de matéria seca, eficiência alimentar, produção de leite e de seus constituintes por vacas alimentadas com híbridos folhosos, de alto óleo, de endosperma ceroso em relação à silagem do híbrido granífero controle. Neste experimento, as vacas alimentadas com o híbrido mutante BM-3 apresentaram os melhores desempenhos produtivos.

É emergente o lançamento de híbridos com qualidades nutricionais superiores visando à alimentação animal. O enfoque dos programas de melhoramento tem contemplado, além do avanço nos parâmetros agrônômicos, a melhoria da qualidade nutricional ou a combinação destes fatores. Um exemplo recente são os híbridos *Nutridense* e *LeafyNutridense* (Benefield et al., 2006). São materiais com maior percentual de gérmen no grão, conseqüentemente, com maior conteúdo de óleo (1,0% a mais), proteína (1,0 a 2,0% a mais) e aminoácidos (lisina, metionina, cisteína, treonina e triptofano) do que os híbridos convencionais. O híbrido *LeafyNutridense*, além de possuir estes atributos, apresenta maiores quantidades de folhas, com o intuito de aumentar a concentração e a digestibilidade dos nutrientes supridos a vacas leiteiras por meio da silagem.

Benefield et al. (2006) compararam estes dois híbridos com um convencional, na forma de silagem e grão para vacas leiteiras com produção média de 36kg/dia. As concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e extrato etéreo do grão e silagem da planta inteira foram maiores para os híbridos *Nutridense*, quando comparados com o híbrido convencional. As vacas alimentadas com estes híbridos apresentaram maior consumo e digestibilidade total do extrato etéreo; os demais parâmetros avaliados não foram afetados e sugerem que as diferenças encontradas não foram suficientes para influenciar o desempenho das vacas.

9. SILAGEM DE MILHO ÚMIDO PARA BOVINOS LEITEIROS

A prática da ensilagem de grãos úmidos de milho foi introduzida no Brasil no início da década de 80, no Paraná (Kramer e Voorsluys, 1991). Essa tecnologia pode contribuir para solucionar problemas de armazenagem de grãos, quando normalmente ocorrem perdas qualitativas e quantitativas, em função do ataque de insetos, de microrganismos e de roedores. A colheita do milho para ensilar proporciona antecipação na retirada da cultura da lavoura com grandes benefícios num esquema de rotação de culturas, além de reduzir significativamente as perdas no campo (Jobim e Reis, 2001).

Estudos com silagem de grãos úmidos de milho têm constatado que há aumento na digestibilidade da matéria orgânica, principalmente devido ao aumento na digestão do amido. A maior digestibilidade do amido dos grãos ensilados deve-se à fragilização da matriz proteica dos grânulos de amido (Demarquilly e Andrieu, 1996).

Wu et al. (2001) compararam o milho quebrado a seco (74,7% do concentrado) e a silagem de grão úmido (74,7% do concentrado) para vacas leiteiras a pasto no final da lactação (22kg/dia de média de produção durante o período experimental). A produção de leite das vacas alimentadas com a silagem de grão úmido foi de 2,4kg/dia a mais que as alimentadas com milho quebrado a seco. A gordura do leite foi menor (3,3 x 3,7%), e a proteína maior (3,3 a 3,2%) para as vacas alimentadas com silagem de grão úmido. Os autores concluíram que, devido à maior fermentabilidade e digestibilidade do amido, a silagem de grão úmido foi superior ao milho seco como suplemento para vacas a pasto. Knowlton et al. (1998) e San Emeterio et al. (2000) também obtiveram resultados que evidenciaram o maior aproveitamento do amido do milho na forma de silagem de grão úmido quando comparado com o milho seco moído, porém não encontraram diferenças significativas na produção de leite de vacas de leite estabuladas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho e coprodutos são fontes alimentares amplamente estudadas e utilizadas para bovinos leiteiros. A evolução nos conhecimentos em nutrição animal, metabolismo de ruminantes, e da estrutura bioquímica e física do milho e coprodutos assim como o progresso genético da cultura do milho vêm permitindo que a utilização desta fonte alimentar seja otimizada na exploração dos rebanhos leiteiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI-SUWAIEGH, S.; FANNING, K.C.; GRANT, R.J. et al. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.1105-1111, 2002.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição animal*. 4.ed. São Paulo, SP: Nobel, 1990. v.1.

ASELTINE, M.S. Corn silage quality can vary depending on hybrid planted. *Feedstuffs*, v.60, p.13-15, 1988.

ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutrition implications of resistant starch. *Nutr. Res. Rev.*, v.9, p.1-31, 1996.

ATWELL, D.G.; JASTER, E.H.; MOORE, K.J. et al. Evaluation of high oil corn and corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2689-2698, 1988.

BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; SHINNERS, K.J. et al. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal *in situ* disappearance of whole-plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.86, p.83-94, 2000.

BALL, S.G.; VAN DE WAL, M.H.B.J.; VISSER, G.F. Progress in understanding the biosynthesis of amylose. *Trends Plant Sci*, v.3, p.462-467, 1998.

BENEFIELD, B.C.; LIÑEIRO, M.; IPHARRAGUERRE, I.R. et al. NutriDense corn grain and corn silage for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1571-1579, 2006.

BLOCK, E.; MULLER, L.D.; GRIEL Jr, L.C. et al. Brown midrib-3 corn silage and heat extruded soybeans for early lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1813-1825, 1981.

BULÉON, A.; GALLANT, D.J.; BOUCHET, B. et al. Starch from A to C. *Plant Physiol.*, v.115, p.949-957, 1997.

BUXTON, D.; REDFEARM, D.; JUNG, H. et al. Improving forage quality-related characteristics of corn. In: 1996 INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, Madison, WI. *Proceedings...* Madison, WI: US Dairy Forage Research, 1996. p.23-28.

CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements of grain quality. *Cereal Chem.*, v.61, p.100-105, 1984.

CARVALHO, L.P.F.; CABRITA, A.R.J.; DEWHURST, R.J. et al. Evaluation of palm kernel meal and corn distillers grains in corn silage-based diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.2705-2715, 2006.

CHANDRASHEKAR, A.; MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J. Cereal Sci.*, v.30, p.193-207, 1999.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*, 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p.329-381.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira 2008/2009. Brasília: Ministério da Agricultura, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em: 17 abr. 2009.

COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal. São Paulo, SP: SINDIRAÇÕES, ANFAR, CBNA, SDRIMA, 1998.

CONE, J.W., ENGELS, F.M. The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.331-342, 1993.

COSTA, R.S. *Características agrônômicas, composição química e qualidade da silagem de doze cultivares de milho – safra 97/98*. 2000. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária Belo Horizonte, MG.

DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J. Quelques rappels sur les mesures effectuées pour connaître la valeur nutritive des ensilages de maïs. In: COLLOQUE MAÏS ENSILAGE, 1996, Nantes, France. Nantes: Association Générale des Producteurs de Maïs, 1996. p.23-33.

DICKERSON, G.W. Specialty corns. Disponível em: http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-232.pdf. Acessado em: 20 mar. 2007.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. *Cereal Chem.*, v.70, p.105-108, 1993.

ELLIOT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SCHAUFF, D.J. et al. Diets containing high-oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J.Dairy Sci.*, v.76, p.775-789, 1993.

FIRKINS, J.L.; BERGER, L.L.; FAHEY JUNIOR, G.C. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.60, p.847-860, 1985.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *J. Anim. Sci.*, v.37, p.1048-1061, 1973.

GALLAIS, A.; HUGUET, L.; BERTHET, H. et al. Preliminary evaluation of brown midrib hybrids for their feeding and agronomic value in France. In: POLLMER, W.G.; PHIPPS, R.H. (Ed.). *Improvement of quality traits of maize for grain and silage use*. Bruxelas: Martinus Nijhoff Publ., 1980. p.319-339.

HALL, M.B. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 9., 1998, Gainesville, FL. *Proceedings...* Gainesville, FL: Florida University Press, 1998. p.108-121.

HEMKEN, R.W.; CLARK, N.A.; GOERING, H.K. et al. Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. *J. Dairy Sci.*, v.54, p.383-389, 1971.

HENRIQUE, W.; BOSE, M.L.V. Milho e Sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p.229-258.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.*, v.45, p.253-267, 2001.

HOSENEY, R.C.; DAVIS, A.B.; HARBERS, L.H. Pericarp and endosperm structure of sorghum grain shown by scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, v.51, p.553-558, 1974.

IMAIZUMI, H. *Suplementação proteica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento*. 2005. 182p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

IRLBECK, N.A.; RUSSELL, J.R.; HALLAUER, A.R. et al. Nutritive value and ensiling characteristics of maize stover as influenced by hybrid maturity and generation, plant density and harvest date. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.41, p.51-64, 1993.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A. Produção e utilização de silagem de grãos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

KEITH, E.A.; COLENBRANDER, V.F.; LECHTENBERG, V.L. et al. Nutritional value of brown midrib corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.789-792, 1979.

KLOPFENSTEIN, T.J. Distillers grains for beef cattle. In: NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION ETHANOL CO- PRODUCTS WORKSHOP, DDGS: Issues to Opportunities, 2001, Lincoln, NE. 2001. *Proceedings...* Lincoln, NE: NCGA, 2001. p.1-9.

KNOTT, J.; SHURSON, J.; GOIL, J. Effects of the nutrient variability of distillers solubles and grains within ethanol plants and the amount of distillers soluble blended with distillers grains on fat, protein, phosphorus content of DDGS. Disponível em: <http://www.ddgs.umn.edu/research-quality.html>. Acessado em: 1 nov. 2004.

KNOWTON, K.F.; GIENN, B.P.; ERDAMAN, R.A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1972-1984, 1998.

KRAMER, J.; VOORSLUYS, J.L. Silagem de milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p.257-261.

KUEHN, C.S.; LINN, J.G.; JOHNSON, D.G. et al. Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2746-2755, 1999.

LaCOUNT, D.W.; DRACKLEY, J.K.; CICELA, T.M. et al. High oil corn as silage or grain for dairy cows during an entire lactation. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1745-1754, 1995.

LEONARDI, C.; BERTICS, S.; AEMENTANO, L.E. Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.2820-2827, 2005.

LIMA, G.J.M.M. Milho e subprodutos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p.13-32.

LOPES, M.A.; LARKINS, B.A. Endosperm origin, development, and function. *Plant Cell*, v.5, p.1383-1933, 1993.

MALCOLM, K.J.; KIESLING, H.E. Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.40, p.321-330, 1993.

MELLO JÚNIOR, C.A. Processamento dos grãos de milho e sorgo visando ao aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1991. p.263-283.

MICHALET-DOREAU, B.; DOREU, M. Maize genotype and ruminant nutrition. *Sci. Alim.*, v.19, p.349-365, 1999.

MOE, P.W.; TYREL, H.F.; HOOVEN Jr, N.W. Physical form and energy value of corn grain. *J. Dairy Sci.*, v.56, p.1298-1304, 1973.

MOLINA, S.M.G.; GAZIOLA, S.A.; LEA, P.J. et al. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina em sementes. *Scient. Agric.*, v.58, p.205-211, 2001.

MOREIRA, V.R. *Utilização de silagem de milho para vacas leiteiras de alta produção*. 2000. 89f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION. Disponível em: <http://www.ncga.com>. Acessado em: 20 mar. 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.135-142, 1999.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.275-286, 1998.

PAES, M.C.D. *Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho*. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 2006. p.1-6, (Circular Técnica, 75).

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of the biochemical and physical characteristics of the maize grain on ruminal starch degradation. *J. Agric. Food Chem.*, v.46, p.4287-4291, 1998.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.68, p.25-35, 1997.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.D.; MICHALET-DOUREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.238-243, 1999.

PHIPPS, R.H.; WELLER, R.F. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *J. Agric. Sci.*, v.92, p.471-483, 1979.

POWERS, W.J.; VAN HORN, H.H.; HARRIS JUNIOR, B. et al. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.388-396, 1995.

PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K. et al. Association of zein classes with maize kernel hardness. *Cereal Chem.*, v.72, p.162-167, 1995.

REIS, R.B., SAN EMETERIO, F., COMBS, D. K., SATTER, L. D., COSTA, H. N. Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage *J. Dairy Sci.*, v.84, p.429-441, 2001.

REYNOLDS, C.K. Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.130, p.78-94, 2006.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1607-1623, 1986.

- RUSSEL, J.R.; IRLBECK, N.A.; HALLAUER, A.R. et al. Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.38, p.11-24, 1992.
- SAN EMETERIO, F.; REIS, R.B.; CAMPOS, W.E. et al. Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2839-2848, 2000.
- SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. *Cereal Chem.*, v.52, p.361-366, 1975.
- SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Microscopy evaluation of the digestibility of sorghum lines that differ in endosperm characteristics. *Cereal Chem.*, v.51, p.134-142, 1974.
- SWINKELS, J.J.M. Sources of starch, its chemical and physics. In: VAN BEYNUM, G.M.A.; ROLES, J.A. (Ed.). *Starch conversion technology*. New York: Marcel Dekker, 1985. p.15-46.
- TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch-composition, fine structure and architecture. *J. Cereal Sci.*, v.39, p.151-165, 2004.
- TOVAR-GÓMEZ, M.R.; EMILE, J.C.; MICHALET-DOREAU, B. et al. *In situ* degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.68, p.77-88, 1997.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Corn-local marketing years, thousand metric tons*. Washington, DC: USDA, 2007. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 9 fev. 2007.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.
- VELLOSO, L. Subprodutos de origem do beneficiamento de cereais. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.15-21, 1984.
- VERBIC, J.; STEKAR, J.M.A.; RESNIK-CEPON, M. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.54, p.133-148, 1995.
- VIEIRA, P.F. Resíduos do processamento industrial de grãos de milho e sorgo para alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1991. p.285-302.

WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HENDLEY, C.L. Starch: as simple as A, B, C? *J. Exp. Bot.*, v.49, p.481-502, 1998.

WEBER, E.J. Variation in corn (*Zea mays* L.) for fatty acid compositions of triglycerides and phospholipids. *Biochem. Genet.*, v.21, p.1-13, 1983.

WU, Z.; MASSINGILL, R.P.; SATTER, L.D. Cracked Dry or Finely Ground High Moisture Shelled Corn as a Supplement for Grazing Cows. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2227-2230, 2001.

ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA LEITEIRA: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p.249-284.

CAPÍTULO 15

SILAGEM DE GRÃO ÚMIDO DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE

Marcelo Neves Ribas¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Fernanda Samarini Machado³, Isabela Rocha França Machado Veiga⁴, Marcelo Resende Sousa⁵

RESUMO

A silagem de grão úmido de milho tem sido utilizada para solucionar os problemas de armazenamento de matérias-primas nas propriedades rurais, melhorando tanto o valor nutricional deste alimento quanto o grau de contaminação das dietas dos animais. A contaminação de alimentos com fungos e a produção de micotoxinas causam perdas econômicas bastante significativas, além de representarem riscos à saúde animal e humana. Este capítulo tem como objetivo descrever o processo de confecção de silagem de grão úmido de milho e comparar este alimento com o milho seco moído na alimentação animal.

INTRODUÇÃO

Devido à globalização do mercado, a pecuária vem sofrendo profundas modificações com o objetivo de atingir índices zootécnicos mais eficientes, principalmente nas regiões onde as terras são mais valorizadas, tendo, assim, condição de competir com outras atividades produtivas. Além disso, o mercado consumidor, cada vez mais exigente, vem mobilizando os produtores a adotarem medidas de controle de qualidade em todas as fases dos sistemas de criação.

A utilização de animais mais produtivos, pela importação de raças e linhagens mais precoces, associada aos programas de seleção, consistiu na principal modificação dos sistemas de criação. Paralelamente ao melhoramento animal, exigiu-se um adequado manejo alimentar, a fim de melhor atender os elevados requisitos nutricionais. Neste contexto, a conservação de grãos de cereais na forma úmida tem sido, atualmente, uma das tecnologias de maior expansão no setor produtivo devido a sua eficiência

¹ Médico Veterinário, DSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. os2ribas@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnppl.embrapa.br

⁴ Médica Veterinária, MSc., Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

⁵ Médico Veterinário, DSc., Prof. Associado Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. marceloresende@hotmail.com

tanto qualitativa quanto quantitativa de conservação de matérias-primas empregadas na alimentação animal (Costa et al., 2002).

A ensilagem, como forma de armazenagem de grãos, é utilizada há vários anos na América do Norte e em alguns países europeus. No Brasil, sua adoção data do início da década de 80, no Paraná, com a cultura do milho, tendo como objetivo aumentar a eficiência na alimentação de suínos (Kramer e Voorsluys, 1991). Posteriormente, com a divulgação da técnica, a silagem de grãos de milho passou a ser empregada também na bovinocultura leiteira e de corte.

1. PROCEDIMENTO DE ENSILAGEM

A técnica de ensilagem de grãos úmidos consiste na conservação em meio anaeróbio de sementes ou grãos de cereais logo após a maturação fisiológica, com teores de umidade variando de 25 a 30% (Costa et al., 1999). A princípio, devem ser tomados os mesmos cuidados que são tomados na ensilagem de forrageiras, como: agilidade no transporte do campo ao silo, compactação para retirada de ar, rápida e eficiente vedação para manutenção do meio anaeróbio, e posterior descarregamento do silo em fatias de 15 centímetros por dia.

Teores de umidade acima de 40% no momento da colheita favorecem as perdas de matéria seca (MS), alteram o perfil de fermentação e promovem condições adequadas para o crescimento de microrganismos indesejáveis como fungos (Reis et al., 2001a). Quando seca em excesso, a fibra do pericarpo em torno dos grãos terá consistência endurecida, o que acarreta maiores perdas na passagem dos grãos inteiros pelo trato digestivo, conseqüentemente, baixo aproveitamento do amido na fermentação ruminal (Philippeau et al., 1999). Goodrich et al. (1975) registraram perdas de MS nas silagens de grãos de milho úmido de 5,6; 3,7 e 2,7% para grãos ensilados com 33,1; 27,5 e 21,5% de umidade, respectivamente. No entanto, com umidade baixa, ao redor de 18%, a fermentação não é adequada para boa conservação do produto, e as perdas normalmente são elevadas.

A colheita na silagem de grãos úmidos é realizada por colheitadeira de grãos e não por ensiladeira como na ensilagem de forragens. Logo após a colheita, os grãos devem ser quebrados ou laminados e devidamente compactados na área do silo (Tse et al., 2004). A ensilagem de grãos inteiros de milho pode levar a maiores perdas, principalmente durante a utilização da silagem. Os grãos inteiros determinam menor densidade e, em conseqüência, maior porosidade, o que pode proporcionar fermentações aeróbias indesejáveis quando uma fatia pequena é retirada a cada dia (Jobim et al., 2001).

Para uso na alimentação, recomenda-se moer os grãos em moinhos de martelo com peneira de 8mm. Segundo Paziani et al. (1999), a moagem dos grãos é um processamento simples e prático, que pode ser aplicado para obtenção de diferentes tamanhos de partículas, ocorrendo variações na proporção da degradação ruminal e

digestão intestinal. Os grãos de milho, mesmo quando triturados ou parcialmente quebrados, são protegidos pelo pericarpo, o qual é muito resistente à degradação microbiana e digestão enzimática no intestino delgado. Os estudos com silagem de grãos úmidos de milho têm constatado que há um aumento na digestibilidade da matéria orgânica, principalmente devido ao aumento na digestão do amido, principal componente do grão (Costa et al., 2002).

Após a quebra dos grãos, o material deve ser compactado e rapidamente vedado para que o processo de fermentação realizado pelas bactérias homofermentativas seja adequado e promova a redução do pH e a manutenção da composição química do material ensilado (McDonald et al., 1991). Em um bom processo de compactação, a densidade do material ensilado é de 800 a 1000kg/m³. No processo de conservação na forma de silagem, há produção de efluentes e perda de matéria seca por volatilização. Em condições inadequadas de ensilagem, a adição dos inoculantes promove uma elevação no número inicial de bactérias homofermentativas produtoras de ácido lático, acelerando a queda do pH e aumentando o período de armazenamento (McDonald et al., 1991).

Segundo Van Soest (1994), os aditivos têm como principais propósitos influenciar o curso da fermentação e alterar a composição do material ensilado, promovendo melhor valor nutritivo. Ítavo et al. (2004) avaliaram o padrão de fermentação de silagens de grãos úmidos de milho e sorgo. Nas condições estudadas, a inoculação não trouxe efeito positivo sobre a qualidade das silagens. Os valores médios observados pelos autores para a silagem de grão úmido de milho sem aditivo foram 3,98; 0,0053% e 0,98%, respectivamente, para as análises de pH, porcentagem de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total e porcentagem de perda de matéria seca durante o processo de ensilagem. A mesma tendência foi observada por Domingues et al. (2006), que avaliaram a utilização de aditivos microbiano e enzimático sobre o perfil de fermentação de silagens de grãos úmidos de milho. A incorporação dos aditivos, bem como a combinação destes, não influenciou a composição físico-química das silagens avaliadas.

Chitarra et al. (2003) citaram que, historicamente, os aditivos são usados para melhorar o padrão fermentativo de silagens produzidas sob condições inadequadas. Segundo os autores, os inoculantes reduzem a perda de matéria seca e a concentração de nitrogênio amoniacal, porém a avaliação econômica deve ser levada em consideração antes da adoção da técnica.

2. VANTAGENS DO USO DE SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS

Diversos trabalhos têm destacado as vantagens, tanto agronômicas quanto zootécnicas, da utilização da silagem de grãos úmidos de milho em substituição ao milho seco na alimentação animal (Biagi et al., 1996; Domingues et al., 2006; Lima et al., 1999; Berndt et al., 2002). Entretanto, Jobim e Reis (2001), em sua revisão, apresentaram algumas desvantagens da ensilagem de grãos de cereais, uma vez que

o material ensilado não possui flexibilidade de comercialização, é altamente sensível à deterioração aeróbia e necessita de mistura diária dos ingredientes na dieta.

2.1. Ponto de colheita

Com a armazenagem de grãos de milho na forma de silagem, a colheita é antecipada em três a quatro semanas, já que o grão é colhido com 35 a 40% de umidade. Após esta colheita antecipada, a área estaria livre para o plantio de outras culturas ou a realização de safrinha de milho, o que otimiza a utilização da terra (Reis et al., 2001a).

Jobim et al. (1997) realçaram que a colheita do milho para ensilar proporciona antecipação na retirada da cultura da lavoura com grandes benefícios em um esquema de rotação de culturas, além de reduzir significativamente as perdas no campo. A ensilagem apresenta vantagens agroeconômicas em relação ao grão de milho seco, como redução significativa das perdas nos períodos pré-colheita por acamamento de plantas e pelo ataque de insetos, roedores e aves, além de diminuir a presença de fungos proporcionada por condições climáticas adversas.

De acordo com Phillippeau et al. (1999), a colheita antecipada do milho para a ensilagem contribui para a melhoria do valor nutricional por favorecer a susceptibilidade do amido ao ataque enzimático no rúmen. A maior degradabilidade desse nutriente pode ser justificada pela formação incompleta da matriz proteica no endosperma que envolve os grânulos de amido.

2.2. Armazenagem

No Brasil, a grande maioria das propriedades rurais não apresenta locais adequados para a armazenagem de insumos utilizados na alimentação animal. São bastante conhecidos os problemas referentes às perdas devido ao ataque de insetos, roedores e fungos, com grande desperdício de grãos, devido à armazenagem inadequada (Reis et al., 2001b). Apesar dos diversos trabalhos apontando os elevados prejuízos em termos de perdas qualitativas e quantitativas das matérias-primas por ataque de pragas no armazenamento, praticamente não existe uma avaliação precisa das perdas econômicas associadas à redução na produção animal (Jobim et al., 2001).

Segundo Penz Jr. (1992), o principal problema da utilização do milho na alimentação animal são as toxinas produzidas por diferentes espécies de fungos que se desenvolvem nestes grãos durante a armazenagem. Essas toxinas, produtos do metabolismo secundário de fungos toxigênicos, podem causar perdas irreversíveis aos animais, com redução no desempenho, hemorragia, comprometimento do sistema imunológico, danos no fígado e aborto. A armazenagem dos grãos na forma de silagem, em condições de manejo adequado, pode eliminar ou reduzir drasticamente o desenvolvimento de fungos e, em consequência, evitar a contaminação de rações com micotoxinas.

A aflatoxina M1 (AFM1) tem sido detectada em leite de animais alimentados com ração contaminada por aflatoxina B1 (AFB1), possuindo efeitos tóxicos e carcinogênicos muito próximos. Constitui um problema de saúde pública, pois sua toxidez é preocupante quando os indivíduos mais jovens estão entre os maiores consumidores de leite, e estes são os mais sensíveis a seus efeitos (Pereira et al., 2005).

Sassahara et al. (2003) avaliaram a presença das micotoxinas aflatoxina e zearalenona em alimentos fornecidos a bovinos de exploração leiteira na região norte do estado do Paraná. Das 272 amostras analisadas para aflatoxinas, 37 (13,6%) foram positivas, sendo 20 (7,3%) acima do limite de 20mg/Kg determinado pela ANVISA. Das 189 amostras analisadas para zearalenona, 32 (16,9%) amostras foram positivas, e todas estavam acima do limite de 200mg/Kg recomendado pelos veterinários da região norte do Paraná. Foi encontrada maior contaminação por aflatoxinas em alimentos concentrados, enquanto por zearalenona ocorreu em alimentos volumosos. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que devem ser criadas formas eficientes de controle da contaminação dos alimentos para serem utilizadas na alimentação animal desde o campo até a armazenagem.

Blanck et al. (2004) avaliaram a presença de zearalenona e fungos do gênero "Fusarium", bem como de suas micotoxinas nas silagens de grãos úmidos de milho utilizadas na fazenda experimental da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram coletadas de diferentes silos e de vários pontos do silo (começo, meio e fim). De acordo com os autores, nas condições utilizadas, não foi detectada a presença de "Fusarium" nem de zearalenona, assim como de aflatoxinas, ocratoxina A e citrinina, indicando a qualidade sanitária do milho para alimentação animal quando armazenado com silagem de grão úmido.

Além da segurança microbiológica, a ensilagem de grãos de milho é tida como um sistema de armazenamento simples e econômico por não exigir silos especiais, e a manutenção do valor nutritivo do alimento é por um período de tempo maior (Reis et al., 2001a). Mader et al. (1991) avaliaram a composição química e a qualidade de silagens de grãos úmidos de milho por períodos de armazenamento variando entre 56 e 365 dias. Segundo os autores, não houve alteração no valor nutricional das silagens avaliadas, o que demonstra a eficiência de preservação no processo de ensilagem.

2.3. Custo final do insumo

O milho é, por suas características nutricionais e disponibilidade comercial, o alimento mais utilizado na formulação de dieta para animais, correspondendo a aproximadamente 70% do volume de concentrados. No entanto, o processamento do grão de milho seco envolve custos adicionais com transporte, secagem e armazenamento, o que pode tornar os sistemas de produção inviáveis (Silva et al., 2005). O uso do milho na forma de silagem de grãos úmidos em rações para suínos tem sido uma alternativa para a produção de rações, com várias vantagens em relação ao milho seco, como: ausência de taxas e impostos sobre o produto, ausência de

perdas econômicas com transporte, frete, desconto sobre a umidade e menor custo de armazenamento (Keplin, 1999).

De acordo com Silva (1997), apesar da disponibilidade de sistemas, máquinas e equipamentos sofisticados, a secagem continua sendo uma operação crítica nas etapas de pré-processamento de grãos que, em muitos casos, chega a consumir cerca de 60% do total de energia utilizada na produção. No caso da conservação dos grãos de cereais para a alimentação animal, a silagem de grãos úmidos de milho é até 11% mais econômica em relação aos grãos secos, por eliminar as etapas de limpeza e secagem do pré-processamento de grãos (Costa et al., 1998).

2.4. Disponibilidade de amido

Os grãos de cereais são a principal fonte de energia das dietas de ruminantes, sendo o milho e o sorgo os mais utilizados no Brasil. Entretanto, por conterem uma matriz proteica bastante complexa ao redor do grânulo de amido, esses grãos apresentam maior resistência ao ataque microbiano (Owens et al., 1997). Segundo Phillippeau et al. (1999), a taxa e a extensão da fermentação ruminal variam significativamente de acordo com a fonte e o processamento do cereal. Além disso, o local de digestão do amido tem implicações nos produtos finais da digestão, como ácidos graxos voláteis no rúmen e glicose no intestino delgado, e, portanto, afeta a eficiência de utilização metabólica por ruminantes.

Silva et al. (2006), avaliando silagens de grãos úmidos de milho na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação, observaram, em média, uma superioridade de 58kcal EM/kg para as silagens de grãos úmidos em comparação ao milho seco. O melhor valor nutricional de dietas contendo silagem se deve às alterações físicas e químicas que ocorrem no endosperma e na superfície dos grânulos de amido durante o processo fermentativo, podendo aumentar a susceptibilidade ao ataque enzimático durante a digestão (Lopes et al., 2002). A maior disponibilidade nutricional da silagem em relação aos grãos secos pode ser explicada principalmente pelo seu menor valor de pH. Os ácidos orgânicos produzidos durante o processo fermentativo podem causar rupturas na matriz proteica que recobre os grânulos de amido, bem como na estrutura desses grânulos, favorecendo a digestão e absorção do amido (Silva et al., 2005).

Outro fator importante, além da ruptura da matriz protéica, é o maior teor de umidade do grão que favorece a fermentação no interior do silo, resultando em maior solubilização dos nutrientes e em aumento da suscetibilidade do amido à hidrólise enzimática, causando melhora na eficiência alimentar dos animais (Simas, 1997). Costa et al. (1999) também ressaltaram que o amido em contato com água, como é o caso dos grãos úmidos de milho, sofre expansão irreversível até que a água represente aproximadamente 50% do peso total, com conseqüente solubilização da matriz proteica. Este processo é denominado gelatinização do amido.

Entre os fatores que afetam o crescimento e a eficiência das bactérias ruminais, a energia e a proteína são os principais, contudo outros fatores contribuem para a fermentação ruminal, como o pH e a taxa de passagem, que, por sua vez, são determinados pelo nível de consumo, sistema de alimentação, tamanho de partícula, qualidade e proporção do volumoso na dieta total, tipo e processamento dos carboidratos dos alimentos (Van Soest, 1994). O uso de grãos úmidos ensilados garante grande quantidade de energia prontamente disponível, devido à maior fermentação do amido, o que acarreta aumento no fluxo de proteína microbiana para o duodeno (Jobim e Reis, 2001). De acordo com Passini et al. (2002), o aumento da produção microbiana contribui muito para a qualidade da proteína que chega ao duodeno, pois o perfil de aminoácidos essenciais das bactérias, principalmente lisina e metionina, é preponderante para a máxima produção de leite e crescimento do animal.

3. VALOR NUTRICIONAL

A composição química da silagem de grãos úmidos de milho pode variar em função do teor de umidade no momento da ensilagem e da proporção de sabugo presente, entre outros fatores (Jobim et al., 1997). Na Tabela 1, estão apresentadas as composições químicas de silagens de grãos úmidos em comparação ao milho seco.

Tabela 1. Composição química do milho na forma seca e silagem de grãos úmidos (Base matéria seca).

	Reis et al. (2001b)		Santos et al. (2002)	Jobim et al. (1997)
	Seco	Silagem	Silagem	Silagem
Matéria seca (%)	87,9	66,7	67,0	63,9
Proteína bruta (%)	10,7	10,2	7,7	10,0
Amido (%)	88,7	80,6	70,5	-
Extrato etéreo (%)	3,7	4,8	-	-
FDN (%)	13,2	14,2	7,1	15,1
FDA (%)	2,2	2,5	3,9	3,3
EB (kcal/kg)	4640	4330	4474	4203

A ingestão e a digestibilidade da matéria seca (MS) são os principais fatores que afetam a *performance* animal, já que são o ponto inicial para o ingresso de nutrientes, principalmente de energia e proteína, necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção. Para alimentos conservados, o consumo de MS é resultado de interações complexas que envolvem as características da planta antes do processo de ensilagem, dos fatores inerentes ao processo de conservação, das alterações no valor nutritivo durante o fornecimento aos animais e do processamento físico do alimento conservado (Reis et al., 2006).

4. UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Em razão de a dieta de vacas leiteiras de alta produção e de animais em confinamento ser constituída por 25 a 35% de amido, fica evidente que a melhora na eficiência de utilização do amido representa real importância na produção de leite. Simas (1997) destaca que o aumento da produção e do ganho de peso em virtude do aumento da utilização de amido, em fontes de amido de alta degradabilidade ruminal, é provavelmente devido ao aumento da energia absorvida (AGV) e mais proteína microbiana disponível para absorção. Normalmente observa-se redução na ingestão de matéria seca por bovinos alimentados com silagem de grãos de milho úmidos, em relação aos grãos de milho secos, mas há maior eficiência na conversão. Isso pode ser atribuído aos ácidos orgânicos que são produzidos durante o processo fermentativo no silo (Reis et al., 2001b).

Henrique et al. (2007) compararam os efeitos do fornecimento de silagem de grãos de milho úmidos em substituição ao milho seco, associados à silagem de milho ou ao bagaço *in natura* de cana-de-açúcar, sobre o desempenho e as características da carcaça de bovinos em terminação. De acordo com os autores, o milho úmido não diferiu significativamente do milho seco quanto ao consumo de MS e ao ganho de peso corporal dos animais, mas foi significativamente superior quanto à eficiência alimentar. Os valores médios para a eficiência alimentar obtidos com as dietas com a silagem de milho úmido e com milho seco foram de 0,1844 e 0,1681kg de ganho de peso corporal por quilograma de MS ingerida, ou seja, melhora de 9,7% com a utilização da silagem de grãos de milho úmido, sendo que as características das carcaças dos animais não foram alteradas.

Em estudos de desempenho de novilhos superprecoces alimentados com silagem de grãos úmidos de milho, Costa et al. (1997) observaram aspectos relevantes do ponto de vista nutricional e econômico do emprego da silagem de grãos em substituição ao milho seco. Os resultados obtidos revelaram que os animais alimentados com silagem de grãos úmidos, comparados ao milho grão seco, apresentaram melhor desempenho em relação ao ganho de peso e conversão alimentar. A conversão alimentar observada foi de 5,43 e 6,33kg, respectivamente, para as dietas contendo silagem de grãos úmidos e milho seco. Esta melhoria na conversão alimentar proporcionou uma redução no custo de produção da arroba em 32,88% para os animais que receberam silagem de milho como volumoso e 23,55% para os animais que receberam feno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tem-se constatado que a ensilagem de grãos úmidos é viável como forma de armazenagem de grãos a baixo custo para utilização na alimentação animal.

A tecnologia de ensilagem de grão de milho pode contribuir para solucionar os graves problemas de armazenagem de grãos nas fazendas, onde normalmente ocorrem grandes perdas qualitativas e quantitativas, em função do ataque de insetos, roedores e fungos.

As alterações físicas e químicas que ocorrem no endosperma e na superfície dos grânulos de amido durante o processo fermentativo aumentam a susceptibilidade deste nutriente ao ataque enzimático durante a digestão e, conseqüentemente, o valor nutricional do milho a ser utilizado na alimentação de ruminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNDT, A.; HENRIQUE, W.; LANNA, D.P.D. et al. Milho úmido, bagaço de cana e silagem de milho em dietas de alto teor de concentrado. 2. Composição corporal e taxas de deposição dos tecidos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.2105-2112, 2002.

BIAGI, J.D.; SILVA, L.O.N.; MARTINS, R.R. Importância da qualidade dos grãos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL E SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 11., 1996, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: CBNA, 1996. p.21-45.

BLANCK, D.V.; ARROTEIA, C.C.; JOBIM, C.C. et al. Avaliação de zearalenona e "Fusarium" em silagem de grãos úmidos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

CHITARRA, G.S.; BREEUWER, P.; NOUT, M.J.R. et al. An antifungal compound produced by *Bacillus subtilis* YM 10-20 inhibits germination of *Penicillium roqueforti* conidiospores. *J. Appl. Microbiol.*, v.94, p.159-166, 2003.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C. Conservação de grãos úmidos de cereais para alimentação animal. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 1, 2002, Corumbá MS. *Anais eletrônicos ...* Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2002. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/03pt06.pdf>>.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B., SILVEIRA, A.C. Custos: Silagem de grãos úmidos de milho. *Bol. Leite.*, v.5, n.51, p.2, 1998.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C. Silagem de grãos úmidos de milho. *Rev. Criad.*, v.17, p.334-35, 1997.

COSTA, C.; ARRIGONI, M.D.B.; SILVEIRA, A.C. et al. Silagem de grãos úmidos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1999, Piracicaba, SP. *Anais ...* Piracicaba: FEALQ, 1999. p.69-88.

DOMINGUES, F.N.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Perfil de fermentação da silagem de grão úmido tratada com inoculantes bacterianos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.

GOODRICH, R.D.; BYERS, F.M.; MEISKE, J.C. Influence of moisture content, processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.41, p.876-881, 1975.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R. et al. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.183-190, 2007.

ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Parâmetros fermentativos das silagens de grãos úmidos de milho ou sorgo submetidos ou não à inoculação enzimática bacteriana. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A. Produção e utilização de silagem de grãos úmidos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p.912-927.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho (*Zea mays* L.). *Pesq. Agropec. Bras.*, v.32, p.311-31, 1997.

KEPLIN, L.A.S. Silagem de grãos úmidos. 1999. Disponível em: <http://www.correionet.com.br/~fr17/graos.htm>. 37K.

KRAMER, J.; VOORSLUYS, J.L. Silagem de milho úmido, uma opção para gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p.257-261.

LIMA, G.J.M.M.; SOUZA, O.W.; BELLAVER, C. et al. *Composição química e valor energético de silagem de grãos de milho para suínos*. Concórdia: EMBRAPA, 1999. 2p. (Comunicado técnico, 240).

LOPES, A.B.R.C.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P. et al. Efeito do processo de ensilagem de grãos úmidos de milho nas características do amido. *Braz. J. Food Technol.*, v.5, n.96, p.177-181, 2002.

MADER, T.L.; DAHLQUIST, J.M.; BRITTON, R.A. et al. Type and mixtures of high-moisture corn in beef cattle finishing diets. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.3480-3486, 1991.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.868-879, 1997.

PASSINI, R.; SILVEIRA, A.C.; TITTO, E.A.L. et al. Silagem de grãos úmidos de milho e de sorgo e níveis proteicos sobre desempenho e características da carcaça de novilhos superprecoces. *Acta Scient.*, v.24, p.1133-1140, 2002.

PAZIANI, S.F.; ALCALDE, C.R.; ANDRADE, P. Acabamento de bovinos em pastagens no período seco, utilizando-se milho inteiro e soja integral ou milho moído e farelo de soja. *Acta Scient.*, v.21, p.745-748, 1999.

PENZ Jr, A.M.P. O milho e o sorgo na alimentação animal. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992, Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre, RS: SEAGRI-RS, 1992. p.264-273.

PEREIRA, M.M.G.; CARVALHO, E.P.; PRADO, G. et al. Aflatoxinas em alimentos destinados a bovinos e em amostras de leite da região de Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Ciênc. Agrotec.*, v.29, p.106-112, 2005.

PHILIPPEAU, C.; MONREDON, F.D.; MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.238-243, 1999.

REIS, R.A.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; SIQUEIRA, G.R. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl. esp., p.580-608, 2006.

REIS, W.; JOBIM, C.C.; MACEDO, F.A.F. et al. Características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo grãos de milho conservados em diferentes formas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1308-1315, 2001a.

REIS, W.; JOBIM, C.C.; MACEDO, F.A.F. et al. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.596-603, 2001b.

SANTOS, C.P.; FURTADO, C.E.; JOBIM, C.C. et al. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho na alimentação de equinos em crescimento: valor nutricional e desempenho. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.1214-1222, 2002.

SASSAHARA, M.; YANAKA, E.K.; PONTES NETTO, D. Ocorrência de aflatoxina e zearalenona em alimentos destinados ao gado leiteiro na região norte do estado do Paraná. *Ciênc. Agrár.*, v.24, p.63-72, 2003.

SILVA, A.A.; MARQUES, B.M.F.P.P.; HAUSCHILD, L. et al. Digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. *Ciênc. Rural*, v.35, p.877-882, 2005.

SILVA, J.S. Armazenamento de grãos na fazenda. *Tecnol. Treinam. Agrop.*, v.2, n.5, p.27, 1997.

SILVA, M.A.A.; FURLAN, A.C.; MOREIRA, I. et al. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Rev. Bras. Zootec*, v.35, p.830-839, 2006.

SIMAS, J.M. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9, 1997, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. p.23-34.

TSE, M.L.P.; BERTO, D.A.; TÓFOLI, C.A. et al. Grãos úmidos de milho ensilados com diferentes granulometrias, sobre o desempenho de leitões na fase de creche. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: SBZ, 2004. CD ROM.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

CAPÍTULO 16

GRÃO DE SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Wilson Gonçalves de Faria Jr.¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Alex de Matos Teixeira³, Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho⁴*

RESUMO

A crescente disponibilidade de grãos de sorgo no mercado nacional está associada ao menor risco da cultura para plantio de safrinha ou em regiões de menor pluviosidade. Além disso, o menor custo e a semelhança ao valor nutritivo do milho tornam o sorgo uma opção de fonte energética para o balanceamento de dietas de vacas de leite. Nesse capítulo, serão discutidos alguns aspectos relevantes da utilização do sorgo grão nas dietas de vacas de leite, assim como a importância do processamento do grão, o valor nutritivo, o metabolismo ruminal e o desempenho produtivo de vacas leiteiras.

INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é o quinto cereal em importância no mundo. Mais significativo que esta posição é a grande variação de distribuição desta cultura no mundo, destacando-se as regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais. A produção brasileira na safra 2008 foi estimada em 1,96 milhões de toneladas, o que representa 3,3% da produção de milho (59,8 milhões de toneladas). A baixa produção está associada ao sistema de produção, que, na maioria das vezes, é feito como cultura de sucessão (safrinha), resultando em menor área plantada (811 mil x 14 milhões de hectares) e menor produtividade (2,4 x 4,0 t/ha) em comparação ao milho. O menor valor e a oportunidade de comércio, associados à maior resistência ao estresse hídrico, justificam o cultivo de safrinha. O Brasil encontra-se entre os 15 maiores produtores de sorgo do mundo. Os Estados Unidos da América lideram o *ranking* com uma produção de 12 milhões de toneladas e uma produtividade de 4,0t/ha, o que condiz com o manejo de cultura principal. Na América do Sul, a Argentina lidera a produção e as exportações de sorgo, sendo o México o principal importador mundial do grão, onde o sorgo é usado na alimentação humana e animal.

¹ Médico Veterinário, MSc. Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. wilsonvet2002@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc. Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

⁴ Médico Veterinário, MSc, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena. wellyngton.vilela@ifsudestemg.edu.br

O sorgo é originário das regiões semiáridas tropicais da África e da Ásia e apresenta maior tolerância à seca que outras gramíneas produtoras de grãos, como milho, aveia, trigo e cevada. Além dessa importante característica, os trabalhos de seleção e de melhoramento genético do sorgo no Brasil, conduzidos principalmente pela Embrapa Milho e Sorgo, têm produzido materiais de alta produtividade de grãos, adaptados a várias condições de solo e clima e resistentes à maioria das pragas e doenças que acometiam essa planta no passado. Por isso, o cultivo do sorgo tem crescido expressivamente no Brasil como alternativa agrônômica e econômica ao milho.

Nos países em desenvolvimento, é uma das principais fontes de amido para a alimentação humana, porém, nos países industrializados, é utilizado principalmente na alimentação animal. Os grãos de sorgo têm sido utilizados com sucesso na alimentação de ruminantes em substituição principalmente ao milho, seja na forma de grãos úmidos ou secos, devido ao menor custo, ao valor nutritivo semelhante ao milho e ao aumento significativo da disponibilidade do grão no mercado interno nos últimos anos (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2009).

O grão do sorgo é composto por pericarpo, endosperma e gérmen. A composição química do grão de sorgo é considerada próxima à do milho. No entanto, o sorgo é uma planta única entre os cereais graníferos por ser capaz de produzir quantidades significativas de polifenóis, que protegem os grãos dos ataques de fungos, insetos e pássaros e ainda reduzem os riscos de germinação dos grãos na panícula (Silanikove et al., 1996). Entretanto, as vantagens agrônômicas da presença dos taninos, principalmente dos taninos condensados, são acompanhadas de desvantagens nutricionais, como o comprometimento do valor proteico das dietas para animais (Duodu et al., 2003).

O constante crescimento da utilização do sorgo na alimentação animal no país reforça a necessidade de mais estudos para que esse cereal possa ser utilizado com mais eficiência e mais lucratividade. No entanto, pouco se conhece sobre a variabilidade da composição bromatológica dos sorgos brasileiros. Os poucos dados a esse respeito acessíveis aos nutricionistas e pecuaristas, que subsidiam as formulações de dietas de mínimo custo para ruminantes, são encontrados em tabelas de composição de alimentos para ruminantes (Valadares Filho et al., 2006), produzidas e editadas na Universidade Federal de Viçosa.

No Brasil, o sorgo é cultivado basicamente sob três sistemas de produção: no Rio Grande do Sul, planta-se o sorgo na primavera e colhe-se no outono; no Brasil central, a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja; já no Nordeste, a cultura é plantada durante a estação chuvosa. Mais recentemente, tem sido observado o plantio de sorgo sob irrigação suplementar, tanto no Nordeste como no Centro-Oeste. Todo o sorgo produzido no Brasil é consumido na alimentação animal, sendo que a bovinocultura é a terceira em importância na demanda pelo grão de sorgo, superada pela suinocultura, e esta pela avicultura (Duarte, 2003; Ribas, 2003).

1. ESTRUTURA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO

O grão de sorgo é denominado cariopse, no qual a parede do ovário seca e se adere firmemente ao óvulo maduro, ou seja, o pericarpo fica completamente fundido ao endosperma (Rooney e Miller, 1982). O grão é dividido em três principais componentes: o pericarpo, o endosperma e o gérmen, como pode ser visto na Figura 1. As proporções desses componentes variam entre genótipos, mas, em média, o pericarpo representa 6,0%, o endosperma 84,0% e o gérmen 10,0% do peso do grão (Rooney e Serna-Saldivar, 1991).

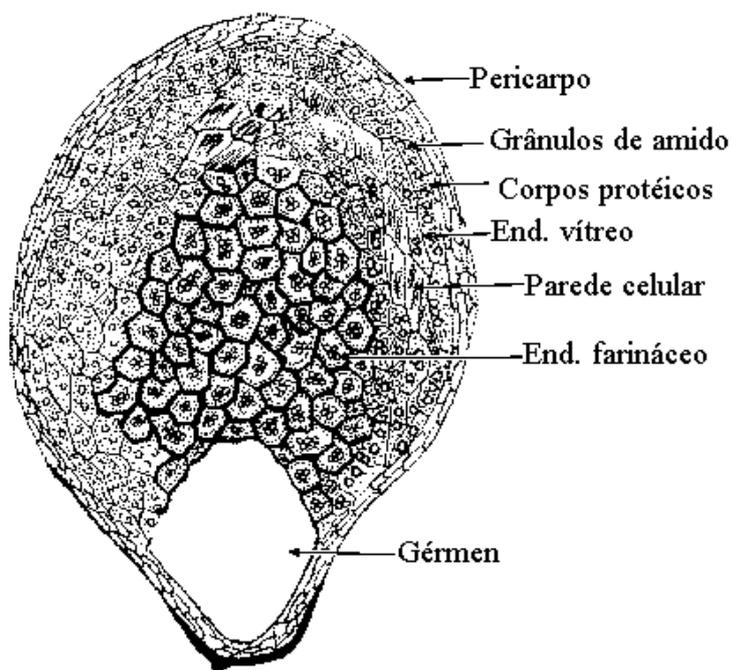


Figura 1. Estrutura esquemática de um grão de sorgo, evidenciando as principais estruturas.

Fonte: Chandrashekar e Mazhar (1999).

O pericarpo é o revestimento externo e fibroso que confere proteção ao grão (Evers e Millar, 2002), sendo composto por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e *testa*. Esta última estrutura apresenta grande importância no valor nutritivo dos grãos de sorgo para ruminantes. Isso porque é o principal local de armazenamento dos pigmentos polifenólicos nos grãos de sorgo ricos em taninos. Os taninos condensados são responsáveis pela redução do valor nutritivo da dieta.

O componente mais importante dos grãos de sorgo é o endosperma, que é o principal tecido de estocagem do grão (Sullins e Rooney, 1975). O endosperma é composto pela aleurona e pelo endosperma amiláceo. A aleurona é uma camada fina localizada imediatamente abaixo da *testa* e é rica em proteínas, lipídios, cinzas, vitaminas e

enzimas (Rooney e Miller, 1982; Evers e Millar, 2002). O endosperma amiláceo é composto por amido, proteínas de estocagem e, em menor proporção, por enzimas, vitaminas e minerais (Rooney et al., 1980).

O endosperma amiláceo é dividido entre os endospermas córneo e farináceo. O primeiro está localizado perifericamente, e o segundo centralmente no endosperma do grão de sorgo (Hoseney et al., 1974). O endosperma córneo é composto por grânulos de amido poligonais e densos, incrustados por corpos proteicos e por matriz proteica contínua, espessa e de difícil digestão enzimática, o que confere grande dureza a essa região do grão (Sullins e Rooney, 1975; Rooney e Miller, 1982; Shull et al., 1990). Isso torna o amido menos digestível devido à barreira física que a matriz proteica e os corpos proteicos formam sobre ele (Sullins e Rooney, 1975). Portanto, os grânulos de amido devem ser expostos por processamentos químicos ou físicos para que sejam digeridos eficientemente pelas enzimas (Rooney e Miller, 1982).

Já o endosperma farináceo é composto por grânulos de amido esféricos, maiores e menos densos que os encontrados no endosperma córneo. Além disto, a matriz proteica é descontínua, o que faz com que essa região do grão apresente textura macia (Shull et al., 1990). Por estas características, o amido do endosperma farináceo é mais susceptível ao ataque enzimático que o amido contido na região vítrea (Sullins e Rooney, 1975), por se encontrar mais disponível. Dessa forma, quanto maior a proporção de endosperma farináceo em relação ao córneo, mais macio é o grão e, conseqüentemente, maior será a sua digestibilidade.

O gérmen é rico em lipídios poli-insaturados, proteínas de estocagem, enzimas e minerais e constitui uma pequena reserva nutritiva para o embrião (Rooney e Serna-Saldivar, 1991).

2. TEXTURA DOS GRÃOS

O conceito de textura mais aceito se refere à proporção do endosperma vítreo (duro) em relação ao endosperma farináceo (macio) do grão, conhecido por vitreosidade (*vitreousness*) (Cagampang e Kirleis, 1984).

Segundo Maxson et al. (1971), a escala de vitreosidade dos grãos de sorgo varia de 1 a 5, em que o valor 1 é atribuído ao grão muito duro (com endosperma completamente vítreo) e o valor 5 é atribuído ao grão muito macio, passando pelas escalas intermediárias de textura 2, 3 e 4, para os grãos de textura meio dura, textura intermediária e textura meio macia, respectivamente. O grau de vitreosidade varia entre os genótipos e é uma característica associada à genética do grão, como pode ser observado na Tabela 1.

A composição e a distribuição das frações proteicas nos grãos estão envolvidas diretamente na textura do endosperma. Vários autores (Rooney e Miller, 1982; Cagampang e Kirleis, 1984; Kumari e Chandrashekar, 1994; Chandrashekar e Mazhar,

1999) sugerem que a γ -prolamina é a fração que parece determinar a textura do endosperma dos grãos de sorgo, por encontrar-se em concentrações duas a quatro vezes maiores nos grãos vítreos em relação aos farináceos. Segundo esses autores, a γ -prolamina apresenta elevada capacidade de formação de pontes dissulfeto entre moléculas, contribuindo para a rigidez do endosperma vítreo.

Antunes (2005) evidencia a forte influência da textura sobre as características de moagem e sobre o valor nutritivo dos grãos de sorgo, pois quanto mais duros os grãos, menores as degradabilidades da matéria seca, da proteína bruta e do amido. A textura do grão, sem dúvida, será um fator determinante sobre o desempenho dos animais alimentados com sorgo e é uma característica controlada pela genética do sorgo. Os grãos de textura macia apresentaram produções acumulativas de gases superiores à dos genótipos de textura média ou dura nos tempos de 15 e 24h.

As diferenças nas produções acumulativas de gases entre grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma nos tempos de 15 e 24 horas demonstraram a importância nutricional que a textura do endosperma possui como fator determinante da disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais. Esses são tempos considerados como limites de permanência de grãos no rúmen de animais em fase de lactação (taxa de passagem de 6,5% a 8,0%/h). Portanto, o menor tempo de colonização, a maior taxa de fermentação e a maior produção de gases nesse período para os grãos de textura macia poderiam ser extrapolados para a maior disponibilidade de energia fermentável no rúmen que, conciliada com uma adequada sincronização com fontes de proteína degradável no rúmen (Nocek e Russel, 1988), poderia resultar em aumento da produção de proteína microbiana, de ácidos graxos voláteis e de produção de leite em relação aos grãos de textura dura.

Para que o amido da região vítrea dos grãos de sorgo torne-se disponível para a digestão, é necessária a degradação preliminar da parede celular e do arcabouço proteico que recobrem os grânulos de amido. A resistência à digestão microbiana das matrizes proteicas ajuda a explicar por que mais de 30,0% do amido do milho e do sorgo podem escapar da fermentação ruminal em animais de alto consumo e elevada taxa de passagem, enquanto menos de 10,0% do amido do trigo e da cevada chegam ao intestino delgado (Orskov, 1986).

A taxa de degradação ruminal parece ser um bom parâmetro para indicar as diferenças de textura do endosperma dos grãos de sorgo. A textura do endosperma influencia negativamente na taxa de degradação da matéria seca e na degradabilidade efetiva da matéria seca dos grãos de sorgo dentro do rúmen. Os grãos de textura macia apresentaram taxas de degradação até 54,0% superiores aos grãos de textura dura (Antunes, 2005).

3. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

A composição química do grão de sorgo é variável, dependendo do genótipo do solo e das condições climáticas (Gualtieri e Rapaccini, 1990; Antunes et al., 2007), mas é pouco alterada com o processamento e mostra-se próxima à composição química do milho, conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição bromatológica, teor de fenóis totais e escore de vitreosidade de 33 genótipos de sorgo.

Genótipos	Origem	%MS	%PB	%amido	%EE	% cinzas	FT ¹	Vitreosidade
SC 283	BAG ⁹	88,70	14,71	68,34	2,71	1,93	0,21	1,10
BR 012	CNPMS ⁷	87,12	18,28	66,07	2,36	1,93	0,28	1,40
CMSXS 226	CNPMS	88,96	13,44	78,74	3,07	1,61	0,09	1,70
CMSXS 227	CNPMS	89,24	14,01	74,72	3,49	1,29	0,21	1,95
BR 501	CNPMS	88,77	11,15	72,58	2,89	1,42	0,31	2,05
CMSXS 182	CNPMS	89,13	16,40	72,82	2,42	2,00	0,17	2,05
00009055	CNPMS	89,05	13,46	75,44	3,44	1,77	0,12	2,40
9815019	CNPMS	88,97	12,83	75,52	3,64	1,30	0,23	2,50
Waxy Bl. Kafir	BAG	89,59	15,29	ND	3,54	1,03	0,21	2,55
AG 1018	Monsanto	88,81	13,19	ND	3,64	1,70	0,28	2,55
A6304	Asgrow/Semeali	89,27	12,15	71,03	2,76	1,60	0,21	2,60
822	Dow AgroSci.	89,06	13,54	71,71	3,12	1,08	0,14	2,70
BR 304	CNPMS	89,31	15,00	62,15	2,79	1,82	0,18	2,70
00009033	CNPMS	89,29	13,83	78,68	2,78	1,69	0,21	2,85
SC 120	BAG	89,19	14,50	76,90	3,61	1,66	0,04	2,85
498019	Dow AgroSci.	88,53	10,96	74,89	2,95	1,71	0,19	2,90
9815004	CNPMS	88,63	13,63	71,27	3,50	1,80	0,09	3,00
Sara	Monsanto	89,38	12,54	ND	3,68	1,65	0,15	3,00
Ranchero	Asgrow/Semeali	88,66	11,26	78,16	2,73	1,76	0,21	3,05
BRS 306	CNPMS	89,07	13,50	ND	3,34	1,60	0,23	3,15
CMSXS 214	CNPMS	88,73	12,03	69,09	2,17	2,24	0,11	3,15
SHS 400	Santa Helena	89,01	11,49	77,22	3,01	1,52	0,23	3,15
Esmeralda	Asgrow/Semeali	88,75	11,44	73,27	2,90	1,56	0,19	3,35
740	Dow AgroSci.	86,55	11,58	68,18	3,31	1,42	0,16	3,40
BR 305	CNPMS	88,68	12,57	ND	3,21	1,87	3,07	3,55
Texiota 54	BAG	87,57	14,55	ND	2,59	2,09	0,14	3,60
SHS 600	Santa Helena	89,06	9,85	ND	2,86	1,11	2,31	3,65
BR 007B	CNPMS	88,81	14,31	77,10	2,63	1,68	0,22	3,70
DKB 57	Monsanto	88,79	12,11	71,67	2,43	1,65	0,15	3,70
BR 506	CNPMS	88,75	12,77	ND	3,56	1,38	0,71	3,80
Hegari	BAG	88,53	12,62	ND	1,76	1,68	0,53	3,85
A 9904	Asgrow/Semeali	88,94	12,15	ND	3,65	1,67	1,58	3,90
Early Hegari	BAG	88,61	14,23	ND	1,58	1,74	0,24	4,20

MS - Matéria Seca; PB - Proteína Bruta; EE - Extrato Etéreo; FT - Fenóis Totais; BAG - Banco Ativo de Germoplasmas da Embrapa Milho e Sorgo; CNPMS - Embrapa Milho e Sorgo; ND - não determinado. ¹Valores expressos em equivalentes-catequinas.

Quando comparado ao milho, o sorgo apresenta menores teores de extrato etéreo e teores de proteína ligeiramente superiores, sendo as proteínas distribuídas no endosperma (80,0%), gérmen (16,0%) e pericarpo (3,0%).

A maioria da fração fibrosa se encontra nas células do pericarpo e endosperma, apresentando pequenas quantidades de lignina.

O processamento do grão, como moagem, laminação ou floculação, não altera significativamente a composição do sorgo, exceto quanto à disponibilidade de energia. O sorgo floculado apresenta maior teor de energia líquida que o laminado, e este superior ao do grão moído. As alterações físico-químicas que ocorrem no amido aumentam sua disponibilidade e digestibilidade total, resultando em maior energia líquida para produção. Segundo o National Research Council - NRC (2001), o valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) do grão de sorgo laminado a seco aumenta de 80,6% para 89,4% quando ele é submetido à floculação a vapor.

O principal componente do grão de sorgo é o amido (62,91%), composto por cerca de 70,0 a 80,0% de amilopectina e de 20,0% a 30,0% de amilose. Esses dois polímeros diferenciam-se entre si quanto ao tipo de estrutura química, ao tamanho da molécula e pelas propriedades químicas. Os grânulos íntegros de amido apresentam baixa capacidade de absorção de água por serem estabilizados por grande quantidade de pontes de hidrogênio tanto inter quanto entre moléculas de amilose e amilopectina. Além disso, a matriz proteica apresenta-se pouco permeável à água e à atividade enzimática, prejudicando a digestibilidade do amido (Kazama et al., 2002).

Tabela 2. Composição química do grão de sorgo submetido a diferentes tratamentos comparado com o milho.

Nutriente	Sorgo				Milho grão	
	com tanino	sem tanino	extrusado	úmido	seco	úmido
MS	86,17	86,73	89,23	65,41	90,00	67,83
PB	15,00	13,00	11,00	9,00	9,00	8,60
FDN ¹	13,16	13,16	10,90	24,22	11,61	8,10
FDA ²	6,42	6,42	5,90	5,13	4,13	4,20
Lignina	1,34	1,34	1,10	-	1,10	-
EE	2,98	2,88	1,45	3,45	4,01	3,98
NDT ³	78,43	78,43	89,40	77,67	85,65	78,54
Ca	0,07	0,03	0,07	0,02	0,03	0,03
P	0,28	0,14	0,35	0,20	0,25	0,23
Amido	62,91	62,91	60,57	44,10	66,25	43,72
DPB ⁴	32,80	67,10	34,05	73,55	70,73	53,29

¹FDN - Fibra em Detergente Neutro; ²FDA - Fibra em Detergente Ácido; ³NDT - Nutrientes Digestíveis Totais; ⁴DPB - Digestibilidade da Proteína Bruta.

Fonte: NRC (2001); Valadares Filho et al. (2006).

As maiores diferenças entre o grão de milho e de sorgo residem na proporção e distribuição das proteínas do endosperma ao redor do amido (Rooney e Pflugfelder, 1986). O endosperma dos grãos de sorgo contém quatro tipos diferentes de proteínas. As albuminas e as globulinas estão localizadas no gérmen e na aleurona, já as glutelinas e as prolaminas no endosperma (Wall, 1964).

As glutelinas e as prolaminas são proteínas estruturais que constituem a matriz proteica e os corpos proteicos. Elas formam o arcabouço proteico-estrutural do grão

(Seckinger e Wolf, 1973; Adams et al., 1976), que possui importantes implicações na textura do endosperma (Chandrashekar e Mazhart, 1999).

4. PERFIL DE AMINOÁCIDOS

Os dados presentes na literatura sobre o perfil aminoacídico do sorgo com ou sem tanino e segundo o tipo de processamento (moído, laminado, floculado ou extrusado) são muito escassos. Os poucos dados presentes indicam semelhança entre o perfil aminoacídico do sorgo com ou sem tanino e semelhantes ao milho (Tabela 3). Não foi encontrada referência quanto ao efeito do processamento no perfil de aminoácidos do sorgo. Contudo, tratamentos que envolvam calor podem resultar em menor disponibilidade de alguns aminoácidos para degradação ruminal e até mesmo para absorção intestinal.

Tabela 3. Comparação entre o perfil de aminoácidos da caseína, milho e sorgo.

	% na base natural		
	Caseína	Milho	Sorgo
PB	84,21	8,26	8,94
Lys	6,94	0,24	0,20
Met	2,60	0,17	0,15
Lys+ Met	2,97	0,36	0,32
Trp	1,08	0,07	0,09
Thr	3,79	0,32	0,31
Arg	3,07	0,39	0,35
Gly+ Ser	6,31	0,73	0,71
Val	5,66	0,40	0,47
Ile	4,61	0,29	0,37
Leu	7,74	1,02	1,20
His	2,43	0,26	0,21
Phe	4,13	0,41	0,51
Fen+ Tyr	9,51	0,70	0,96

Fonte: Rostagno et al., 2005.

Streeter et al. (1993) compararam a degradabilidade e a digestibilidade intestinal dos aminoácidos de dois grupos de sorgo (normal ou seroso) com ou sem tanino. Os materiais com tanino apresentaram menor degradação ruminal e maior aporte de aminoácidos totais, essenciais e não essenciais para o duodeno, exceto para arginina, metionina e tirosina. Isso sugere que esses aminoácidos podem estar menos associados aos taninos. Entretanto, as digestibilidades intestinais dos aminoácidos essenciais e não essenciais presentes na proteína não degradada no rúmen (PNDR) foram inferiores para o sorgo com tanino. Assim, a digestibilidade total dos aminoácidos foi comprometida pela presença de tanino. Cultivares de sorgo com tanino, mesmo que possuam maior teor de proteína, resultando em maior ingestão de proteína e aminoácidos, podem não refletir em maior desempenho animal.

5. PROCESSAMENTO DOS GRÃOS

Diversos métodos de processamento são utilizados para se aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes contidos no grão de sorgo pelos microrganismos do rúmen e pelo trato digestivo. O processamento pode melhorar significativamente o valor nutritivo de grãos de cereais para ruminantes, sendo a laminação e a moagem os mais comuns (NRC, 2001). O processamento do grão tem particular importância para o sorgo, devido ao menor tamanho deste grão, o que dificulta a sua quebra durante a mastigação e prejudica a sua degradação no rúmen. Como consequência, frequentemente se observa a presença de grãos de sorgo inteiros nas fezes de bovinos.

A digestão microbiana no grão se dá de dentro para fora; desta forma, o rompimento da matriz proteica que recobre os grânulos de amido no endosperma facilita a ação microbiana e aumenta a degradação do amido. Outro fator que contribui para a melhoria da digestão dos grânulos de amido ocorre durante os processamentos que envolvem aplicação de calor e umidade, resultando num processo chamado gelatinização. Durante a gelatinização, os grânulos de amido absorvem água, incham e exsudam parte da amilose (fração do amido menos degradável), tornando-se mais susceptíveis à degradação enzimática (Van Soest, 1994).

Os principais métodos utilizados no processamento de grãos de sorgo são:

5.1. Moagem

A moagem modifica a estrutura física dos grãos de sorgo, rompendo o endosperma e aumentando a superfície de exposição do amido, melhorando a digestibilidade ruminal. A moagem promove ainda um aumento da taxa de passagem do concentrado, principalmente pelo aumento da densidade das partículas. Em condições tropicais, este é o processamento mais barato, e a moagem recomendada é a mais fina possível.

5.2. Laminação a seco

Também conhecida como quebra ou esmagamento, este processo consiste em se passar o grão por um rolo compressor, o que promove sua quebra em pedaços menores. O efeito sobre o grão assemelha-se bastante ao da moagem, porém mais brando.

5.3. Laminação a vapor

O grão inteiro fica um determinado tempo em um condicionador que é abastecido por uma linha de vapor. Devido ao aumento da temperatura e da umidade, inicia-se o processo de gelatinização do amido. Os grãos passam, então, por rolos compressores reguláveis. As modificações físicas e químicas que ocorrem favorecem a digestão intestinal do amido.

5.4. Floculação

Este processo é idêntico à laminação a vapor, diferindo no fato de os tratamentos serem mais drásticos. Assim, os grãos ficam de 30 a 40 minutos submetidos a uma temperatura entre 90 e 105°C, enquanto na laminação é usada uma temperatura entre 90 e 95°C por 15 a 20 minutos. Após passarem pelo tratamento a vapor e pelos rolos compressores, os grãos passam ainda por um segundo par de rolos, visando deixá-los com uma espessura entre 0,9 e 1,1mm.

5.5. Extrusão

Assemelha-se à laminação a vapor, com duas diferenças básicas: os grãos são moídos antes do tratamento a vapor e passam por uma rosca sem fim, de onde são extrusados através de orifícios em forma de cones menores, onde o alimento vai se expandindo na direção em que ele é expelido. A expansão sofrida pelos grãos causa ruptura dos grânulos de amido.

A qualidade dos processos de laminação, floculação e extrusão é avaliada por características visuais, conteúdo de umidade (18,0% a 20,0%), densidade específica média das partículas e índices laboratoriais. O aumento da extensão dos tratamentos reduz a densidade específica das partículas, por exemplo: o grão de sorgo laminado a seco apresenta densidade específica entre 450-644g/L, o laminado úmido entre 438-540g/L e, para o sorgo floculado, as melhores respostas produtivas são encontradas quando a densidade encontra-se entre 360-438g/L. A densidade das partículas é importante, pois influencia na taxa de passagem e no tempo de retenção das partículas no rúmen e, conseqüentemente, na digestibilidade do alimento.

5.6. Micronização

Refere-se ao tratamento do grão por calor seco, através de micro-ondas. O grão é aquecido a 148°C, reduzido a 7,0% de umidade e laminado.

5.7. Grão úmido

Envolve a colheita e o armazenamento, sob condições anaeróbicas, dos grãos de sorgo com umidade em torno de 30,0%. Estes devem estar moídos quando do fornecimento aos animais, sendo que tal processamento pode ser feito antes ou depois da armazenagem. Estes grãos não devem perfazer mais de 80,0% do total de grãos em dietas com mais de 75,0% de concentrados (Boin, 1999). Nos casos em que se tem tentado a adição de água ao grão seco, parece que a melhoria do aproveitamento dos nutrientes se deve mais ao processamento dos grãos do que à reconstituição em si. A ensilagem dos grãos úmidos é uma alternativa bastante interessante, em função das reduções nos custos de armazenamento e da possibilidade de antecipar a colheita em até quatro semanas, maximizando o uso da terra e minimizando as perdas provocadas por ataque de pássaros. Além do fator econômico, uma melhoria no valor nutricional pode ser verificada para os grãos

úmidos ensilados. O maior conteúdo de umidade favorece a fermentação e a elevação da temperatura no interior do silo, causando gelatinização parcial do amido, aumentando a sua digestibilidade ruminal e intestinal. Além disso, ocorre a solubilização da matriz proteica ao redor dos grânulos de amido, facilitando o ataque enzimático microbiano (Galvany et al., 1981; Streeter et al., 1989).

Peixoto et al. (2003), comparando o grão seco moído com a silagem de grão úmido de sorgo no desempenho de bezerras de diferentes grupos genéticos em confinamento, não verificaram diferenças no desempenho e na conversão alimentar dos animais. Para estes autores, a decisão entre qual fonte energética utilizar deve ser tomada em função de questões operacionais e econômicas, que são próprias de cada sistema de produção. Já Nikkha et al. (2004) compararam o uso de sorgo seco moído ou floculado a vapor para vacas leiteiras no meio da lactação e constataram que a floculação a vapor garantiu maior produção de leite, leite corrigido para gordura, proteína e gordura do leite.

Theurer et al. (1999a) sumarizaram os dados de vários experimentos comparando o efeito da utilização de grão de milho ou sorgo, bem como o seu processamento sobre o desempenho de vacas de alta produção. De acordo com estes autores, a floculação melhorou a produção e a eficiência de produção de leite em 5,0%, aumentou o teor e a produção de proteína do leite, bem como a digestibilidade aparente do amido em 16,0% comparado ao sorgo laminado a seco. Contudo, houve redução no teor de gordura do leite, mas sem comprometer a produção de gordura (g/dia). O melhor desempenho está associado à melhor qualidade nutricional promovida pelo processamento, já que o consumo de matéria seca e o teor de nitrogênio ureico do leite (NUL) não foram alterados. Estes trabalhos evidenciam a melhoria do valor energético do grão de sorgo com processamentos mais intensivos, no entanto os produtores devem considerar não só a melhoria no valor nutricional do grão e no desempenho produtivo dos animais, mas também os custos associados ao processamento. A utilização do nitrogênio dietético com maior síntese de proteína microbiana parece ser mais eficiente para o sorgo floculado em comparação ao laminado devido ao menor teor de NUL e ao aumento de caseína do leite.

6. SÍTIOS E EXTENSÃO DE DEGRADAÇÃO

Segundo Poore et al. (1993), a floculação do sorgo comparada à laminação aumenta a degradação do amido no rúmen, reduzindo a quantidade de amido sobrepastado que atinge o duodeno, e aumenta a digestibilidade intestinal do amido, resultando, assim, em menores perdas fecais em dietas com volumosos de boa (feno de alfafa) ou baixa qualidade (palhada de trigo). Comportamento semelhante foi descrito para a degradabilidade e a digestibilidade da matéria orgânica da dieta, aumentando a síntese e o aporte de matéria orgânica microbiana para absorção intestinal. Contudo, o aumento da degradabilidade do amido pode comprometer a degradabilidade e a digestibilidade aparente total das frações fibrosas, principalmente da celulose, em situações de alta quantidade de concentrados ou fibra de baixa qualidade.

O aumento da degradabilidade ruminal do amido em 40,0% e o da digestibilidade intestinal em 20,0% do pouco amido sobrepassante sustentam os melhores desempenhos produtivos observados nos animais suplementados com o sorgo floculado comparado ao laminado (Theurer et al., 1999b, c, d). Segundo Delgado-Elorduy et al. (2002b), a taxa de hidrólise do amido do sorgo laminado foi de 24,6% em 30 minutos, enquanto a do material floculado foi de 65,6%. A floculação garante maior reciclagem de ureia no rúmen e eleva em torno de 10,0% o aporte de proteína microbiana para absorção intestinal. Apesar do aumento no aporte de amido fermentável no rúmen, os teores de digestibilidade da proteína e das frações fibrosas são pouco alterados (Santos et al., 1999b). Assim, a mudança do sítio e a extensão de degradação do amido para o rúmen aumentam a utilização da energia líquida para lactação do grão de sorgo, minimizando o tempo e os efeitos do balanço energético negativo no início da lactação (Theurer et al., 1999c; Santos et al., 2000).

Kazama et al. (2002) avaliaram diferentes híbridos de sorgo (BR304, BR306, BR701, IA98201, Z822), e não observaram diferença entre eles quanto aos valores de fração solúvel, de fração potencialmente degradada, de taxa de degradação ou de degradabilidade efetiva para as taxas de passagem de 2, 5 ou 8,0%/h da matéria seca ou proteína.

As cinéticas de degradações ruminais de grãos de milho ou sorgo inteiros, quebrados, moídos, extrusados ou autoclavados foram avaliadas por Moron et al. (1999) em vacas não lactantes das raças Holandesa e Jersey. A redução do tamanho da partícula aumentou a fração solúvel, a fração potencialmente degradada e a degradabilidade efetiva da matéria seca do sorgo e do milho, as quais, de modo geral, foram superiores para o milho. O processamento térmico comprometeu a degradabilidade ruminal dos grãos, possivelmente devido à ocorrência de reações de Maillard ou exposição de aminoácidos hidrofóbicos à superfície, diminuindo a solubilidade (Russel e Hespell, 1981). A extrusão promove maior degradabilidade que a moagem fina devido à associação da ruptura da matriz proteica com a maior exposição dos grânulos de amido com a gelatinização. Já Passini et al. (2003) observaram interação ($p < 0,01$) entre o processamento (quebra, moído, silagem) e o tipo de grão (milho ou sorgo) sobre a degradação efetiva da matéria seca para todas as taxas de passagem estimadas (2,0, 5,0 e 8,0%/h). Para o sorgo, as maiores degradabilidades foram observadas para a moagem fina (2mm) em relação à silagem (12mm) e quebra (5mm), que não diferiram entre si. Já para o milho, as maiores degradabilidades foram obtidas pela silagem, seguida pela moagem fina e quebra, nessa ordem de grandeza. Os resultados obtidos para o milho foram superiores aos descritos para o sorgo. Contudo, essas diferenças podem não refletir em maior desempenho animal, cujas respostas são influenciadas por múltiplos fatores, como nível de inclusão do grão, relação volumoso:concentrado e qualidade do volumoso.

Zeoula et al. (1999) compararam a solubilidade e a degradabilidade do amido de vários alimentos energéticos e concluíram que o milho, o sorgo e a raspa de mandioca apresentam teor de amido de 79,0%, 83,0% e 91,0%, e a solubilidade do amido de

13,0%, 10,0% e 14,0%, respectivamente, obtido por meio de solução de bicarbonato-fosfato (pH=6,8). No estudo *in situ*, a fração solúvel (a) do amido do sorgo foi muito superior à do milho (18,4% vs 52,1%), o que pode estar associado a perdas pelos poros do saco de náilon. No entanto, a fração potencialmente degradável e a taxa de degradação do amido do sorgo foram inferiores às do milho. A degradabilidade efetiva do amido corrigida para solubilidade foi baixa (39,5%) para o sorgo moído em comparação ao milho (55,0%), e muito inferior àquelas descritas para os sorgos laminados (66,8%) ou floculados (76,6% a 89,4%) (Theurer et al., 1999b). Esses resultados sugerem o grande efeito desses tratamentos rompendo a matriz proteica que envolve os grânulos de amido do sorgo e tornando-os amplamente disponíveis para fermentação ruminal.

Hill et al. (1991) avaliaram o efeito da ensilagem, do tratamento ácido associado ao formaldeído ou do tratamento com ureia sobre o sítio e a extensão de degradação no sorgo que sofreu reconstituição da umidade (28,0% umidade). A ensilagem e o tratamento com ureia aumentaram a degradabilidade ruminal, sem alterar a digestibilidade intestinal da matéria seca. Já para o amido, houve tanto aumento da degradabilidade ruminal quanto da digestibilidade intestinal.

Passini et al. (2002, 2003) avaliaram as silagens úmidas de milho ou sorgo sobre os parâmetros de fermentação ruminal, a degradabilidade ruminal e a digestibilidade das dietas. A silagem de grão úmido de sorgo foi confeccionada com o grão moído, com granulometria em torno de 12mm e 30% de umidade; já a silagem de grão úmido de milho foi confeccionada com grão inteiro e 28% de umidade. Esses autores não observaram diferença nos teores de ácidos graxos voláteis totais (AGV) ou nas porcentagens molares de ácidos acético, propiônico ou butírico. A relação acetato:propionato (média de 1,99), o pH (6,25) e o nitrogênio amoniacal (6,91mg/dL) no líquido ruminal foram semelhantes entre as dietas. A moagem do grão de sorgo antes da ensilagem pode ter favorecido a gelatinização dos grânulos de amido do sorgo, contornando, assim, os efeitos negativos da matriz proteica sobre a disponibilidade do amido no rúmen. Isso refletiu em maior produção total de AGV e propionato nas primeiras quatro horas pós-alimentação em comparação ao grão úmido de milho. A dinâmica líquida ruminal (volume de líquido ruminal, taxa de passagem de líquidos, fluxo de líquidos por dia e por kilo de matéria seca consumida) não foi alterada pelo tipo de grão. Além disso, as taxas de degradação e as degradabilidades efetivas da MS e da FDN da dieta não diferiram entre os grãos. Porém, o uso de silagem de sorgo reduziu a digestibilidade aparente ($p < 0,05$) dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e do amido. Por outro lado, os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, do extrato etéreo e da FDN não diferiram entre as dietas. Esses resultados não refletiram em menor consumo de matéria seca por peso vivo ou peso metabólico, sugerindo a possibilidade de substituição total da silagem de grão úmido de milho por grão úmido de sorgo, sem comprometimento dos padrões de fermentação, degradabilidade ruminal e pouca diferença na digestibilidade das dietas.

7. METABOLISMO ANIMAL

Santos et al. (2000) avaliaram as condições energéticas e as respostas reprodutivas de vacas Holandesas no início da lactação suplementadas com sorgo floculado ou milho laminado. As perdas de peso e o escore corporal das vacas durante os primeiros 45 dias ou 90 dias pós-parto não diferiram entre as dietas. Embora os escores de condição corporal das vacas não tenham diferido entre as dietas, os animais que receberam sorgo floculado apresentaram menores perdas de escore corporal durante os primeiros 45 dias ($p < 0,05$) e 90 dias ($p < 0,06$), com tendência em aumentar o balanço energético das vacas ($p < 0,11$). Não houve diferença nos níveis de nitrogênio ureico no plasma entre as dietas. Contudo, o melhor aproveitamento do nitrogênio com o aumento da degradação do amido do sorgo no rúmen pode reduzir o teor de nitrogênio ureico no plasma (Oliveira et al., 1993; Theurer et al., 1999a). O maior aporte de propionato ao fígado nas vacas que receberam sorgo floculado pode ter propiciado o aumento da gliconeogênese hepática com tendência de elevação nos níveis de glicose ($p < 0,13$) e insulina ($p < 0,06$) no sangue periférico. Embora os animais suplementados com sorgo floculado apresentassem maiores níveis de glicose e insulina circulante, esses não foram suficientes para reduzir a lipólise, já que as concentrações de ácidos graxos não esterificados não diferiram entre as dietas. A população de folículos não foi alterada pela dieta, mas a melhoria na condição energética das vacas que receberam sorgo floculado pode ter sido responsável pela maior área do corpo lúteo e maiores níveis de progesterona circulantes, que são imprescindíveis para manutenção da gestação e redução de morte embrionária, sendo esta um problema comum em vacas de alta produção.

Delgado-Elordy et al. (2002a, b) avaliaram o efeito dos grãos (sorgo ou milho) e dos processamento (laminação ou floculação) no metabolismo esplênico e no metabolismo de nitrogênio na glândula mamária de vacas leiteiras com produção média de 28kg/dia e 86 dias em lactação. Esses autores não observaram diferença ($p < 0,05$) na ingestão de MS, PB, amido e energia líquida de lactação entre os tratamentos. A produção e a composição do leite bem como a eficiência alimentar e produtiva das vacas foram semelhantes, com exceção do teor de gordura, que foi superior para a dieta com sorgo laminado. Os fluxos sanguíneos nas veias porta e hepática não alteraram com os tratamentos. A floculação dos grãos propiciou aumento na reciclagem de ureia, maior síntese microbiana e aumento no aporte de aminoácidos para a glândula mamária. Isso responde em parte à tendência de maior teor de proteína no leite para dietas com milho ou sorgo floculado. Em contraste ao milho, o sorgo propiciou menor absorção de nitrogênio aminoacídico e amônia. Esses resultados sugerem que o tipo de processamento apresentou maior influência sobre o metabolismo animal que o tipo do grão, contudo mais estudos nesse sentido necessitam ser conduzidos para o melhor entendimento das respostas produtivas observadas pela utilização de sorgo ou milho nas diferentes formas de processamento.

8. DESEMPENHO ANIMAL

O grão de sorgo tem sido comumente utilizado em dietas de bovinos de leite em substituição ao milho, como a base energética de concentrados. A sua utilização é verificada para todas as categorias animais, desde bezerros a bovinos adultos, seja em confinamento ou em regime de pastejo.

Almeida Júnior et al. (2004) relataram que os custos de criação de bezerros Holandeses, destinados à produção de vitelos, apresentaram o menor custo final (R\$ 3,59) por kg de ganho de peso por bezerro com o uso de sorgo moído de baixo tanino em comparação ao milho. Abdelgadir e Morril (1995) avaliaram o uso de sorgo moído, tostado ou peletizado, com os respectivos graus de gelatinização do amido, 28,5, 66,9 e 198,6mg de equivalente maltose/g de amido, sobre o desempenho de bezerros e bezerras leiteiras até oito semanas de idade. Esses autores não observaram diferenças no consumo, crescimento corporal e ganho de peso, ou metabólitos plasmáticos e condições de fermentação ruminal entre tratamentos, exceto pelo menor consumo inicial para a forma de pélete, fato possivelmente relacionado a questões de palatabilidade.

O desempenho de vacas de descarte sob pastejo contínuo em pastagens de inverno foi avaliado mediante a suplementação com o grão de sorgo triturado, nos níveis de 0, 0,4 e 0,8% do peso vivo. Verificou-se que o nível de suplemento energético influenciou significativamente o peso final das vacas até o nível de 0,4%, proporcionando um efeito aditivo ao consumo de nutrientes na dieta destes animais. A queda no desempenho quando o nível de concentrado aumentou de 0,4 para 0,8% foi justificada por uma possível alteração ruminal, causando redução na digestibilidade da fração fibrosa e prejudicando o desempenho animal (Restle et al., 2001). Neste experimento, há de se destacar o elevado valor nutricional das pastagens em que os animais foram mantidos.

Vacas de alta produção apresentam desempenho semelhante quando suplementadas com sorgo ou milho, para o mesmo nível de processamento do grão (laminado ou floculado). Theurer et al. (1999a) e Mitzner et al. (1994) concluíram que o sorgo finamente moído pode substituir o milho moído ou laminado mantendo o mesmo nível de produção das vacas, sem comprometimento na composição do leite, apesar da menor digestibilidade do amido. Segundo Chen et al. (1994), o sorgo laminado ou floculado pode substituir totalmente o milho com o mesmo processamento, sem ônus no consumo, nas digestibilidades de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína, amido ou frações fibrosas da dieta, resultando em produções e composições do leite semelhantes entre vacas suplementadas com milho ou sorgo. Resultados semelhantes foram descritos por Oliveira et al. (1993, 1995) e Santos et al. (1999a), que não observaram diferenças na ingestão de MS (IMS), nas produções de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura (LCG), na eficiência produtiva (IMS/LCG) ou nos teores de gordura e proteína do leite, quando vacas, com média de 100 dias de lactação, foram suplementadas com milho laminado ou sorgo laminado ou floculado. Contudo, ao avaliarem as respostas à aplicação de somatotropina bovina (bST), os

autores verificaram maiores produções de leite e de proteína do leite em animais suplementados com sorgo floculado (Santos et al., 1999a).

Santos et al. (1999b) avaliaram o desempenho de vacas Holandesas no início da lactação com produção média de 37kg de leite, suplementadas com sorgo floculado ou milho floculado ou laminado, associados a uma fonte de proteína não degradável no rúmen. A ingestão de matéria seca, as produções de leite e LCG, a eficiência produtiva e os teores de proteína e gordura do leite não diferiram entre os animais suplementados com sorgo ou milho. Vacas alimentadas com sorgo ou milho floculado em combinação com PNDR produziram mais leite e proteína do leite em comparação àquelas suplementadas com milho laminado ou com farelo de soja.

Em estudo anterior, Santos et al. (1998) concluíram que a degradabilidade da fonte energética influenciava nas respostas de suplementação de distintas fontes proteicas de maior ou menor degradabilidade ruminal. Nesse estudo, a fonte principal de proteína da dieta foi proporcionada pelo uso de caroço de algodão com a inclusão de 10 a 13,0% da MS da dieta, que apresenta cerca de 70,0% de proteína degradável no rúmen e 30,0% de PNDR. As respostas produtivas de vacas de alta (45kg) ou média (35kg) produção de leite suplementadas com sorgo floculado variam com a degradabilidade da proteína suplementar. Em vacas de média produção, a suplementação com ureia (0,8% da MS da dieta), associada à alta disponibilidade de amido fermentável no rúmen, proveniente do sorgo floculado, garante maior consumo de alimento e síntese de proteína microbiana suficiente para proporcionar aumento na produção de leite. Já em vacas de alta produção, as respostas são inversas, e a maior produção de leite foi obtida com a suplementação com farelo de soja (6,0%) ou farinha de peixe (5,0%), sem alterar o consumo de alimento. Em animais de alta produção, apesar da maximização da síntese proteica microbiana proporcionada pelo sorgo floculado, há a necessidade de suplementação com PNDR.

A densidade da partícula do sorgo laminado ou floculado pode afetar o consumo, a digestibilidade da dieta e alterar a produção e a composição do leite de vacas. Segundo Santos et al. (1997a), a redução da densidade do sorgo laminado de 437g/L para 283g/L resultou em decréscimo linear na ingestão de matéria seca (Oliveira et al., 1993; Santos et al., 1997b), na digestibilidade da FDN (Theurer et al., 1991; Chen et al., 1994), na produção de leite e no teor de gordura do leite. Partículas muito finas podem ter propiciado a excessiva fermentação ruminal com redução do pH, já que a adição de 1% de bicarbonato de sódio tendeu a minimizar as reduções de produtividade. Para o sorgo floculado, partículas com densidades entre 360g/L e 437g/L resultaram em produção e em composição de leite semelhantes ao sorgo laminado, mesmo com redução no consumo da dieta, resultando, assim, em melhoria da eficiência de produção de leite.

Estudos desenvolvidos por Simas et al. (1997 e 1998) comparando o tipo de processamento do sorgo (laminado ou floculado) com suplementação de diferentes tipos de gordura até 2,5% da MS têm indicado diferenças nas digestibilidades das dietas, principalmente quanto à digestibilidade do amido, da matéria seca e orgânica,

com o tipo de processamento do grão. Contudo, essas diferenças não têm refletido no desempenho produtivo e na composição do leite. O grau de saturação das fontes de gordura aparentemente tem pouco efeito na produção e na composição do leite quando incluídas até níveis de 2,5% da matéria seca em dietas cuja base energética dos concentrados é o sorgo.

9. FATORES ANTINUTRICIONAIS DO SORGO

9.1. Taninos condensados

A maior limitação da utilização de grãos de sorgo na alimentação animal se deve à presença de compostos fenólicos chamados taninos. Waghorn et al. (1995) avaliaram o efeito dos taninos condensados na digestão ruminal do nitrogênio. Esses pesquisadores encontraram menor proteólise e aumento no fluxo de proteína verdadeira para o abomaso, elevando a quantidade de proteína potencialmente disponível para a absorção no intestino delgado. Entretanto, esses compostos podem se ligar a proteínas e a enzimas no intestino delgado e reduzir a digestibilidade intestinal das proteínas, aumentando as perdas fecais. Os efeitos dos taninos condensados na alimentação de vacas leiteiras serão abordados em maior extensão em outro capítulo.

9.2. Micotoxinas

A contaminação do grão de sorgo por fungos também é um fator que pode limitar o desempenho animal. Esta contaminação pode ocorrer em qualquer momento da produção, transporte, estocagem ou utilização. No alimento estocado, os fatores responsáveis ou predisponentes incluem integridade do grão, temperatura ambiente, disponibilidade de oxigênio e dióxido de carbono, composição e umidade dos grãos. A contaminação ocorre principalmente pelo fungo *Aspergillus flavus*, responsável pela produção da aflatoxina, causadora de câncer hepático. No entanto, outros fungos podem contaminar esse alimento, como o *Fusarium moniliforme*, estando presentes sem que o mofo seja visível (Marquadt, 1996). Para minimizar as perdas em decorrência desta contaminação, é aconselhável estocar o alimento com menos de 10% de umidade, em local inclinado, com piso cimentado, protegido da chuva e, se possível, com ventilação forçada (Price et al., 1985).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grão de sorgo tem potencial para substituir o milho em dietas de ruminantes, sem alterações no metabolismo do animal ou no desempenho produtivo, e ainda pode proporcionar ganhos em termos econômicos, sendo que a sua utilização dependerá da oferta e do preço.

Os diferentes métodos de processamento aumentam significativamente o aproveitamento do grão de sorgo pelos ruminantes, melhorando o seu valor nutricional. Além disso, a ensilagem do grão úmido pode reduzir os custos com o armazenamento.

Para que a integridade e a qualidade do grão de sorgo sejam mantidas, este cereal deve ser armazenado sob condições adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELGADIR, I.E.O.; MORRILL, J.L. Effect of processing sorghum grain on dairy calf performance. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.2040-2046, 1995.

ADAMS, C.A.; NOVELLIE, L.; LIEBENBERG, N.V.D.W. Biochemical properties and ultrastructure of protein bodies isolated from selected cereals. *Cereal Chem.*, v.53, p.1-12, 1976.

ALMEIDA JÚNIOR, G.A.; COSTA, C.; ORTIZ, J.S. et al. Análise de custos da criação de bezerros Holandeses até a desmama recebendo rações com milho ou sorgo na forma de grãos secos moídos ou silagem de grãos úmidos para a produção de vitelos de carne rosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

ANTUNES, R.C. *Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para bovinos, aves e suínos*. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.1351-1354, 2007.

BOIN, C. Manejo da alimentação, aditivos, e anabolizantes, para o acabamento de bovinos de corte em confinamento. In: BOVINOCULTURA de corte de: Fundamentos da exploração racional. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.329-345.

CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements of grain quality. *Cereal Chem.*, v.61, p.100-105, 1984.

CHANDRASHEKAR, A.; MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *J. Cereal Sci.*, v.30, p.193-207, 1999.

CHEN, K.H.; HUBER, J.T.; THEURER C.B. et al. Effect of steamflaking corn and sorghum grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1038-1043, 1994.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Brasília. 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em: 10 maio 2009.

DELGADO-ELORDUY, A, THEURER, C.B., HUBER, J.T. et al. Splanchnic and mammary nitrogen metabolism by dairy cows fed dry-rolled or steam-flaked sorghum grain. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.148-159, 2002a.

DELGADO-ELORDUY, A., THEURER, C.B.; HUBER, J.T. et al. Splanchnic and mammary nitrogen metabolism by dairy cows fed steam-rolled or steam-flaked corn. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.160-168, 2002b.

DUARTE, J.O. Mercado e comercialização. In: RODRIGUES, J.A.; VERSIANI, R.P.; FERREIRA, M.T.R. Cultivo do sorgo. 2003. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>. Acessado em: 10 de maio de 2009.

DUODU, K.G.; TAYLOR, J.R.N.; BELTON, P.S. et al. Factors affecting sorghum protein digestibility. *J. Cereal Sci.*, v.38, p.117-131, 2003.

EVERS, T.E.; MILLAR, S. Cereal grain structure and development: some implications for quality. *J. Cereal Sci.*, v.36, p.261-284, 2002.

GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced particle size and processing. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1804-1812, 1981.

GUALTIERI, M.; RAPACCINI, S. Sorghum grain in poultry feeding. *World's Poult. Sci. J.*, v.46, p.246-254, 1990.

HILL, T.M.; SCHMIDT, S.P.; RUSSELL, R.W. et al. Comparison of urea treatment with established methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.4570-4576, 1991.

HOSENEY, R.C.; DAVIS, A.B.; HARBERS, L.H. Pericarp and endosperm structure of sorghum grain shown by scanning electron microscopy. *Cereal Chem.*, v.51, p.553-558, 1974.

KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. et al. Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e Proteína Bruta de Alguns Híbridos de Sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

KUMARI, S.R.; CHANDRASHEKAR, A. Relationships between grain hardness and the contents of prolamin and three anti-fungal proteins in sorghum. *J. Cereal Sci.*, v.20, p.93-99, 1994.

MARQUADT, R.R. Effects of molds and their toxins on livestock performance: a western Canadian perspective. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.77-89, 1996.

MAXSON, E.D.; FRYAR, W.B.; ROONEY, L.W. et al. Milling properties of sorghum grain with different proportions of corneous to flourey endosperm. *Cereal Chem.*, v.48, p.478-490, 1971.

MITZNER, K.C.; OWEN, F.G.; GRANT, R.J. Comparison of sorghum and corn grains in early and midlactation diets for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1044-1051, 1994.

MORON, I.R.; TEIXEIRA, J.C.; PEREZ, J.R.O. et al. Cinética da digestão ruminal da matéria seca dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. *Ciênc. Agrotec.*, v.23, p.174-178, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NIKKHAH, A.; ALIHHANI, M.; AMANLOU, H. Effects of feeding ground or steam-flaked broom sorghum and ground barley on performance of dairy cows in midlactation. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.122-130, 2004.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2070-2107, 1988.

OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; BEN-GHEDALIA, D. et al. Influence of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.575-581, 1993.

OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; SIMAS, J.M. et al. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1318-1327, 1995.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1624-1633, 1986.

PASSINI, R.; RODRIGUES, P.H.M.; CASTRO, A.L. et al. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade ensilados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1266-1274, 2003.

PASSINI, R.; SILVEIRA, A.C.; RODRIGUES, P.H.M. et al. Digestibilidade de dietas à base de grão úmido de milho ou de sorgo ensilados. *Acta Scient.*, v.24, p.1147-1154, 2002.

PEIXOTO, L.A.O.; ALVES FILHO, D.C.; RESTLE, J. Grão seco ou silagem de grão úmido de sorgo como fonte energética para bezerras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: SBZ, 2003. CD-ROM.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P. et al. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2244-2253, 1993.

PRICE, R.L.; PAULSON, J.H.; LOUGH, O.G. et al. Aflatoxin conversion by dairy cattle consuming. *J. Food Prot.*, v.48, p.11-15, 1985.

RESTLE, J.; ROSO, C.; OLIVEIRA, A.N. et al. Suplementação energética para vacas de descarte em terminação em pastagem cultivadas de inverno sob pastejo contínuo In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE (SIMCORTE), 2, 2001, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2001. p.261-289.

RIBAS, P.M. *Sorgo: introdução e importância econômica*. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16p. (Documentos, 26).

ROODNEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1607-1623, 1986.

ROONEY, L.W.; KHAN, M.N.; EARP, C.F. The technology of sorghum products. In: INGLETT, G.E.; MUNCH, L. (Ed.). *Cereal for food and beverage*. New York: Academic Press, 1980. p.513-554.

ROONEY, L.W.; MILLER, F.R. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN QUALITY, 1982, Patancheru, India. *Proceedings...* Patancheru: ICRISAT, 1982. p.143-162.

ROONEY, L.W.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Sorghum. In: LORENZ, K.J.; KULP, K. *Handbook of cereal science and technology*. New York: Marcel Dekker, 1991. p.233-270.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.

RUSSEL, J.B.; HESPELL, R.E. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1153-1169, 1981.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Comparison of barley and sorghum grain processed at different densities for lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.*, v.80, p.2098-2103, 1997a.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded levels of ruminally degradable protein. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.215-220, 1998.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Response of lactating dairy cows to various densities of sorghum grain. *J. Anim. Sci.*, V.75, p.1681-1685, 1997b.

SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Effects of grain processing and bovine somatotropin on metabolism and ovarian activity of dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1004-1015, 2000.

SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Performance and nutrient digestibility by dairy cows treated with bovine somatotropin and fed diets with steam-flaked sorghum or steam-rolled corn during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.404-411, 1999a.

SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-flaked corn or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.728-737, 1999b.

SECKINGER, H.L.; WOLF, M.J. Sorghum protein ultrastructure as it relates to composition. *Cereal Chem.*, v.50, p.455-465, 1973.

SHULL, J.M.; CHANDRASHEKAR, A.; KIRLEIS, A.W. et al. Development of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] endosperm in varieties of varying hardness. *Food Struct.*, v.9, p.253-267, 1990.

SILANIKOVE, N.; GILBOA, N.; NIR, I. et al. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannin-containing leaves (*Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus*, and *Ceratonia siliqua*) by goats. *J. Agric.Food Chem.*, v.44, p.199-205, 1996.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Influence of fat source and sorghum grain treatment on performance and digestibilities of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2907-2912, 1997.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Influence of sorghum grain processing on performance and nutrient digestibilities in dairy cows fed varying concentrations of fat. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1966-1971, 1998.

STREETER, M.N.; HILL, G.M.; WAGNER, D.G. et al. Effect of bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain on amino acid digestion by beef heifers *J. Anim. Sci.*, v.71, p.1648-1656, 1993.

STREETER, M.N.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. et al. A combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.1623-1633, 1989.

SULLINS, R.D.; ROONEY, L.W. Light and scanning electron microscopy studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. *Cereal Chem.*, v.52, p.361-366, 1975.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A. et al. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.1950-1959, 1999a.

THEURER, C.B.; LOZANO, O.; ALIO, A. et al. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.2824-2831, 1999b.

THEURER, C.B., OLIVEIRA, J.S.; WU, Z. et al. Steam flaking with two dietary grain levels improves digestible starch intake and performance by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.246-249, 1991.

THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; WANDERLEY, R.C. et al. Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1066-1073, 1999c.

THEURER, C.B.; WANDERLEY, R.; HUBER, J.T. Steam-flaking of grains to improve nutritional value for growing-finishing beef cattle and lactating dairy cows. In: INTERMOUNTAIN NUTRITION CONFERENCE, 1999, Salt Lake City, UT. *Proceedings...* Logan, UT: Utah Agric. Exp. Stn., Utah State Univ., 1999d. p.74-83. (Publication 160).

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr, V.R.; CAPPELLE, E.R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0. Viçosa, MG: UFV, 2006. 297p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WAGHORN, G.C.; SHELTON, I.D. Effect of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on the nutritive value of ryegrass (*Lolium perenne*) fed to sheep. *J. Agric. Sci.*, v.127, p.291-297, 1995.

WALL, J.S. Cereal proteins. In: SCHULTZ H.W.; ANGLEMIER, A.F. (Ed.). *Proteins and their reactions*. Westport, Conn: The Avi Publ., 1964. p.315-341.

ZEOULA, M.L.; MARTINS, A.S.; ALCALDE, C.R. et al. Solubilidade e degradabilidade do amido de diferentes alimentos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.905-912, 1999.

CAPÍTULO 17

COPRODUTOS DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Fernanda Samarini Machado¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Wilson Gonçalves de Faria Jr.³, Marcelo Neves Ribas⁴*

RESUMO

A mandioca é uma espécie de origem latino-americana, disseminada em diversas regiões do mundo devido à sua tolerância a condições marginais de cultivo. Sua produção pode ser destinada à alimentação humana ou animal, ou ainda a processos industriais para obtenção de amido. A mandioca apresenta a peculiaridade de poder ser manejada com duplo propósito, permitindo a integração da produção agrícola com a atividade pecuária. Tanto as raízes, ricas em amido, quanto a parte aérea, com elevadas concentrações de proteína, podem ser utilizadas na alimentação de vacas leiteiras, bem como os subprodutos do processo de industrialização. A escolha da forma de utilização, entre produção de silagem, de feno, peletização ou fornecimento do material fresco, depende de fatores, como as condições climáticas da região, o nível de tecnologia, a disponibilidade de mão de obra, entre outros. Sua inclusão na alimentação de vacas em lactação pressupõe a suplementação com nutrientes necessários ao balanceamento da dieta, bem como cuidados na escolha da variedade ou adoção de práticas de manejo que eliminem os riscos de intoxicação por ácido cianídrico.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também conhecida como aipim e macaxeira, é planta originária da América do Sul, provavelmente da região Nordeste e central do Brasil, onde já era cultivada pelos índios. Foi descrita pela primeira vez em 1573 por Magalhães Gandavo, sendo espalhada pelo mundo por europeus colonizadores no século XVIII.

Por apresentar tolerância a diversos tipos de clima e solo, a mandioca é cultivada em várias regiões do mundo. Nigéria, Brasil e Tailândia são os países que dominam a produção mundial. A produção africana não tem caráter comercial; ao contrário, apresenta-se como de subsistência. No Brasil, segundo maior produtor mundial, coexistem a produção de subsistência e a comercial, destinando-se a produção,

¹ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnpq.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc. Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. wilsonvet2002@gmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., DSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. os2ribas@hotmail.com

majoritariamente, ao mercado interno. Já a produção na Tailândia tem caráter comercial, respondendo esse país pela maior parte do que é exportado desse produto no mundo. A participação do Brasil no mercado internacional é praticamente desprezível. As exportações brasileiras, quando ocorrem, destinam-se aos países da América do Sul e, em menor proporção, aos Estados Unidos. Recentemente, as exportações da África do Sul vêm assumindo posição de destaque (Alves e Vedovoto, 2003).

Grande parte da produção brasileira de mandioca (50,2%) é destinada à alimentação animal (Food and Agricultural Organization - FAO, 2007). A cultura da mandioca representa também um produto básico na alimentação humana (33,9% da produção); é fonte geradora de emprego e de renda para agricultores e consumidores de baixo poder aquisitivo, sobretudo nas regiões mais pobres do país (Tafur, 2002). Para alimentação animal, podem ser utilizadas as folhagens e a raiz. Para consumo humano, a raiz *in natura* serve para a elaboração de pratos, doces ou salgados. Os derivados de mandioca na indústria são: farinha, amido, álcool, entre outros (Camargo Filho e Alves, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a área de mandioca plantada no Brasil em janeiro de 2009 foi de 1,89 milhões de hectares, com uma produção estimada de 26,95 milhões de toneladas de raízes, obtendo-se um rendimento de 14,26t/ha. O Nordeste e o Norte foram responsáveis por 25,8 e 37,9% da produção nacional em 2008, com predomínio de sistemas familiares que utilizam baixa tecnologia. Já as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentaram 22,1, 8,6 e 5,6% da produção nacional, respectivamente, apresentando um caráter produtivo mais industrial.

A produção de mandioca é predominantemente realizada por agricultores familiares e camponeses. Segundo dados do IBGE, 74,5% do plantio são efetuados em áreas inferiores a 10 hectares. Desta forma, a integração entre as atividades pecuárias e a produção agrícola na propriedade garante redução dos custos do produtor, tornando o sistema sustentável.

A mandioca apresenta a peculiaridade de poder ser manejada com duplo propósito de produção de amido, principal componente das raízes tuberosas, e de proteína, presente em elevadas concentrações nas folhas. Sendo assim, sua utilização na alimentação de vacas leiteiras apresenta vantagens, já que a raiz substitui alimentos energéticos de alto custo utilizados tradicionalmente na dieta de monogástricos, além de a parte aérea representar um suplemento proteico que pode ser utilizado durante todo o ano, reduzindo gastos com alimentos concentrados.

No entanto, maior adoção de tecnologias disponibilizadas pela pesquisa faz-se necessária, visando ao incremento dos níveis de produção dessa cultura, historicamente baixos no Brasil (Lopes et al., 2005).

1. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA

A mandioca pertence à família das Euphorbiaceae, sendo a *Manihot esculenta* Crantz a espécie de maior interesse agrônomo, entre as 1.200 espécies existentes. As plantas são herbáceas quando novas, e lenhosas, arbustivas ou subarbustivas na maturidade, com altura variando de 1 a 5 metros (Carvalho, 1983).

A mandioca pode ser cultivada com ótima produtividade numa faixa que vai de 30° na latitude norte a 30° na latitude sul, e altitudes até 800 metros, onde ocorre condição climática favorável para desenvolver-se. A temperatura ideal está entre 25 e 29°C, exigindo precipitações entre 1.000 e 1.500mm anuais. Entretanto, apresenta resistência à seca, sendo cultivada em regiões semiáridas com 500 a 700mm de chuvas por ano. Apresenta baixa exigência em fertilidade e desenvolve-se melhor em solos com textura franco-arenosa a argilo-arenosa, com pH de 6,5.

Para fins práticos, a planta da mandioca pode ser dividida em parte aérea (hastes, pecíolos e folhas) e parte subterrânea (raízes tuberosas). Apesar das variações inerentes à variedade utilizada e às influências das condições de solo e ambiente no crescimento da cultura, de modo geral, observam-se na planta madura aproximadamente 50% de raízes tuberosas, 40,0% de hastes e pecíolos e 10,0% de folhas (Gil e Buitrago, 2002).

Dentre outros fatores, a produtividade da mandioca depende das condições climáticas, da fertilidade do solo e do cultivar plantado, variando de 10 a 35 toneladas por hectare de raízes e 8 a 30 toneladas por hectare de parte aérea (Carvalho, 1983).

2. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Podem constituir componentes da dieta dos ruminantes não somente as raízes tuberosas, fornecidas *in natura* (picadas), desidratadas (raspas), peletizadas ou ensiladas, mas também sua parte aérea, utilizada sob a forma de material verde picado, ou ainda conservada por procedimentos de fenação, peletização ou ensilagem. A planta integral da mandioca também é utilizada *in natura* ou ensilada. Os resíduos originados do processamento das raízes, na obtenção de produtos para alimentação humana ou destinados para fins industriais, também podem ser utilizados na alimentação de ruminantes.

A forma de utilização mais econômica a ser adotada dependerá da disponibilidade de mão de obra, infraestrutura e condições climáticas da região, que permitirão maior ou menor facilidade para efetuar a secagem. Existem regiões onde a produção de feno da parte aérea e de raspa seca de mandioca torna-se antieconômica, e a opção mais adequada para eficiente conservação seria o processo de ensilagem. Porém, existem aquelas regiões mais áridas, em que processos de desidratação natural seriam a forma mais econômica de processamento. Assim, o modo de utilização da mandioca, entre fornecimento ao natural, ensilado ou na forma desidratada, será determinado pelas condições climáticas do ecossistema (Lopes et al., 2005).

3. LIMITAÇÕES DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

3.1. Fatores antinutricionais

A principal limitação no uso da mandioca como alimento para ruminantes refere-se ao problema da toxicidade do ácido cianídrico (HCN). O HCN é formado a partir do cianeto, um radical constituinte das moléculas da linamarina e lotaustralina, glicosídeos cianogênicos da mandioca. Glicosídeos cianogênicos são compostos orgânicos sintetizados principalmente nas folhas e, em menor proporção, na região cortical de raízes jovens e distribuídos para todas as partes da planta. A formação do HCN a partir da linamarina, glicosídeo cianogênico mais abundante, ocorre pela ação da enzima linamarase. Na planta intacta, a linamarase está compartimentalizada na parede celular, e a linamarina nos vacúolos celulares. Desta forma, deve-se fazer a trituração do material para que ocorram as reações químicas necessárias, como ativação da betaglicosidase intracelular, para a liberação e volatilização do HCN.

Caso ocorra ingestão do material antes da liberação do HCN na planta, a microflora presente no trato digestivo do animal também pode produzir betaglicosidase, capaz de hidrolisar o glicosídeo cianogênico. Ao ser formado e absorvido, o HCN é detoxificado por uma enzima denominada rodanase, formando um composto não tóxico, chamado tiocianato, que é excretado do organismo via urina. Essa conversão metabólica do HCN até tiocianato depende da presença de fatores nutricionais, como os aminoácidos sulfurados e a vitamina B₁₂. Existem evidências de que os ruminantes possam usar substâncias doadoras de enxofre e até mesmo o enxofre elementar (S) para detoxificar o HCN de origem dietética, sendo necessário 1,2g de enxofre para detoxificar 1,0g de HCN (Sanda e Methu, 1988). Alguns trabalhos consideram um efeito benéfico de aumento da vida de prateleira do leite, atribuído à presença nele do tiocianato (Wanapat, 2001).

O consumo de alimentos que contêm grande quantidade de glicosídeos cianogênicos não só tem resultado em morte ou efeitos neurológicos crônicos, mas também tem sido associado à ocorrência de bócio tireoidiano (Teles, 1987). Eventuais baixas *performances* de ruminantes alimentados com produtos à base de mandioca têm sido atribuídas à toxicidade crônica por HCN, embora fatores agravantes, como deficiência dietética de nitrogênio, pudessem ser corresponsáveis (Sanda e Methu, 1988).

Com base nos níveis de glicosídeos cianogênicos e/ou de ácido cianídrico presentes na raiz, determina-se a diferença entre as variedades de maior toxicidade, conhecidas como bravas, e variedades menos tóxicas, mansas. Campos Neto e Bem (1995) recomendaram a seguinte classificação de acordo com o teor de HCN nas raízes dos diferentes cultivares:

- não tóxicas: menos de 50mg/kg de raízes frescas;
- pouco tóxicas: de 50 a 80mg/kg de raízes frescas;
- tóxicas: de 80 a 100mg/kg de raízes frescas;
- muito tóxicas: mais de 100mg/kg de raízes frescas.

Para a eliminação total ou parcial do conteúdo de HCN da mandioca, podem ser utilizados diversos procedimentos, como a desidratação artificial ou por radiação solar, a cocção em água ou a ensilagem. Quando o material é submetido à desidratação, ao atingir um nível de 10,0 a 15,0% de umidade, o ácido cianídrico é volatilizado, podendo o produto ser consumido sem riscos ao metabolismo animal. De acordo com Carvalho (1987), a trituração provoca ruptura de tecidos, facilitando um maior contato entre enzima (linamarase) e substrato (linamarina) e, conseqüentemente, maior liberação de ácido cianídrico por volatilização.

Dessa forma, a toxicidade por HCN não deveria constituir limitação para o uso de produtos e subprodutos de mandioca em dietas de ruminantes, haja vista que simples técnicas de processamento, combinadas com fornecimento de adequados níveis dietéticos de enxofre, efetivamente protegem os ruminantes da toxicidade por HCN (Sanda e Methu, 1988).

3.2. Deterioração das raízes pós-colheita

Outra limitação relacionada ao uso da mandioca na alimentação de vacas leiteiras refere-se às dificuldades relativas à conservação pós-colheita de suas raízes, em face do rápido processo de deterioração, que se manifesta com perda de qualidade e quantidade, sendo resultado de danos mecânicos, fisiológicos e patológicos (Kato e Souza, 1987). Transcorridos três dias após a colheita, a deterioração das raízes faz com que os animais diminuam seu consumo, estando sujeitos, ainda, à ocorrência de distúrbios digestivos (Buitrago, 1990).

4. A RAIZ DA MANDIOCA

4.1. Aspectos nutricionais

A raiz da mandioca é um alimento essencialmente energético, em função do armazenamento de fécula (amido da raiz) na polpa ou parênquima. A polpa é constituída por vasos do xilema, distribuídos em forma de estrias, nas quais se encontram as células preenchidas com amido. No centro da raiz, encontram-se vasos xilogêneos e fibra, e, na periferia, localiza-se o córtex (ou casca), constituído por capas sobrepostas de tecidos, fibras esclerenquimatosas, vasos com látex e câmbio (Kato e Souza, 1987). A casca ou córtex representa 15,0 a 20,0% do peso total da raiz de mandioca, enquanto a polpa equivale a aproximadamente 80 a 85% (Buitrago, 1990).

As raízes da mandioca apresentam aproximadamente 34,0 a 38,0% de matéria seca (MS), 60 a 80% de amido na MS, baixas concentrações de proteína (em torno de 2,5% na MS), de aminoácidos, de extrato etéreo e de minerais e vitaminas. Observa-se uma localização diferencial dos compostos nitrogenados, extrato etéreo, fibra bruta e minerais, que se encontram em maior concentração na casca do que na polpa.

A proteína na raiz da mandioca, quando expressa na base de matéria seca, não ultrapassa os 3,0%, porém variações muito grandes são encontradas entre diferentes variedades. Da proteína total, cerca de 40,0 a 60,0% são representados por nitrogênio não proteico, incluindo nitratos, nitritos e glicosídeos cianogênicos, e aminoácidos livres (Lopes et al., 2005). No comparativo entre raiz de mandioca desidratada e milho, observa-se que a concentração de aminoácidos sulfurados é mais baixa na raiz de mandioca.

Madsen et al. (1990), ao avaliarem a composição nutricional da raiz de mandioca desidratada, determinaram uma concentração de extrato etéreo de 1,14% da MS, dos quais apenas 47,9% eram formados por ácidos graxos.

Normalmente a concentração de fósforo é maior na raiz, enquanto a concentração de cálcio é maior na parte aérea. Os conteúdos de cálcio apresentam maior variação, e sua concentração é maior na casca que na polpa. O nível de fósforo é mais constante entre as diferentes partes da raiz. Deve ser lembrado que os valores das concentrações dos minerais podem apresentar resultados alterados devido à contaminação com solo durante o processo de colheita e processamento. Em geral, o conteúdo de microelementos na raiz da mandioca é mínimo.

Na fração carboidratos, cerca de 80,0% correspondem ao amido e 20,0% são referentes aos açúcares, entre os quais sacarose (69% dos açúcares totais), frutose, glicose e maltose. A celulose e as hemiceluloses não ultrapassam 7,0% (Hervas Moreno, 1982).

4.2. Particularidades do amido da mandioca

Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, que se encontram empacotados nas plantas em forma de grânulos. A amilose é um polímero longo e relativamente linear de moléculas de D-glicose, unidas por ligações α -(1 \rightarrow 4), e disposto em dupla hélice. A amilopectina é um polímero maior do que a amilose e com estrutura bastante ramificada. Sua composição consiste de cadeias lineares de glicose ligadas por ligações glicosídicas α -(1 \rightarrow 4), apresentando ramificações por ligações α -(1 \rightarrow 6), em média a cada 20 ou 25 resíduos de glicose.

Em valores médios, o amido da mandioca apresenta 17,0% de amilose e cerca de 83,0% de amilopectina, teores estes diferentes do milho, que apresenta 24,0% de amilose e 76,0% de amilopectina, e da batata, com 20,0% de amilose e 80% de amilopectina (Ciacco e Cruz, 1982).

As moléculas de amilose e amilopectina do amido são mantidas juntas pela formação de pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxila das unidades de glicose, apresentando, assim, insolubilidade em água fria. Contudo, o aquecimento na presença de água promove solubilização parcial e perda da cristalinidade dos grânulos de amido. Esse processo, denominado gelatinização, ocorre devido à quebra das

pontes de hidrogênio, permitindo a entrada de água e conseqüente dilatação (10,0 a 15,0% de aumento no diâmetro) dos grânulos. Os grânulos de amido de raízes e tubérculos apresentam maior capacidade de expansão na água que o amido dos cereais.

Os grânulos de amido são pseudocristais com áreas organizadas ou semicristalinas, compostas por amilopectina, e com outras relativamente não organizadas ou amorfas, formadas por amilose. Segundo Chesson e Forsberg (1997), a penetração de água e das enzimas é mais rápida nas regiões amorfas dos grânulos, onde, provavelmente, ocorre o início da rápida mobilização de todo o grânulo de amido pelas enzimas amilolíticas.

Desta forma, aparentemente, maior proporção de amilose na molécula de amido proporcionaria melhor atividade hidrolítica. Contudo, o que ocorre na realidade é uma diminuição na hidrólise do amido e, conseqüentemente, na digestibilidade de fontes de amido com maior teor de amilose, devido à maior formação de pontes de hidrogênio.

O amido da mandioca apresenta maior degradabilidade efetiva em relação ao do milho e do sorgo, devido à inexistência de pericarpo, endosperma córneo e periférico, matriz proteica e, possivelmente, devido a uma menor proporção de amilose e lipídios nos grânulos de amido, diminuindo a quantidade de ponte de hidrogênio na molécula de amido e aumentando a capacidade de expansão do amido da mandioca em meio aquoso (Rangel et al., 2008).

Devido às características fermentativas do amido da mandioca, com elevada (91%, segundo Zinn e DePeters, 1991; e 62,7%, segundo Zeoula et al., 1999) e rápida (6,7%/h para o amido, segundo Zeoula et al., 1999; 10%/h para MS, segundo Martins et al., 1999) degradação ruminal, deve-se estar atento para a sincronização das taxas de degradação ruminal das frações constituídas pelos carboidratos e pelas proteínas dos alimentos integrantes da dieta. Fontes de nitrogênio não proteico, como ureia, ou alimentos com elevada concentração de proteína rapidamente degradável no rúmen têm um grande potencial para inclusão em dietas baseadas no uso de raízes de mandioca.

4.3. Manejo e formas de utilização

Qualquer que seja a forma de utilização, as raízes deverão ser previamente lavadas, a fim de se eliminar resíduos e partículas aderidas de solo, que poderiam comprometer a qualidade nutricional da raiz fresca e as condições para sua conservação. Após retirar o barro aderido, as raízes devem ser trituradas ou picadas para o fornecimento direto na forma fresca ou para conservação sob forma desidratada ou silagem.

4.3.1. Raiz fresca

As variedades de mandioca “mansa” (teor de HCN inferior a 50mg/Kg de polpa fresca) podem ser colhidas, lavadas, picadas e fornecidas imediatamente aos animais. Deve-

se estar atento porque a raiz não se conserva bem sob a forma fresca, pois o amido sofre rapidamente uma hidrólise, seguida de fermentação, o que provoca um forte odor alcoólico (Carvalho, 1983). Desta forma, dois a três dias após a colheita, as raízes tornam-se inadequadas para o consumo.

As variedades de mandioca “brava” (teor de HCN acima de 50mg/Kg de polpa) não devem ser fornecidas em estado fresco, devendo ser previamente submetidas a processo de desidratação ou ensilagem (Carvalho, 1984).

As limitações nutricionais mais relevantes quando do uso de raízes frescas de mandioca na alimentação animal são a elevada umidade (60,0 a 70,0%), a baixa concentração de proteína (0,5 a 2,0%) e o nível apenas mediano de energia metabolizável (1,20 a 1,40 Mcal/Kg) (Gil e Buitrago, 2002). O uso de raízes frescas de mandioca pressupõe, para um correto balanceamento da dieta, a suplementação para cobrir as deficiências de proteína, vitaminas e minerais.

Chedly e Lee (1999) sugeriram que as raízes frescas de mandioca podem ser incluídas em dieta de vacas leiteiras à razão de 5 a 15Kg por dia.

4.3.2, Raiz desidratada ao sol (raspa ou farelo de raspa)

As raízes de mandioca recém-colhidas possuem alto teor de umidade, sendo um produto perecível. A desidratação da raiz permite a conservação e concentração de suas características nutricionais. Além de evitar a deterioração pós-colheita, a secagem da raiz facilita o armazenamento e a mistura com outros ingredientes da dieta. Adicionalmente, nesse processo ocorre eliminação da maior parte de HCN presente na raiz fresca, evitando problemas de intoxicação.

As raspas de mandioca são produzidas a partir das raízes recém-colhidas, lavadas, trituradas em picadeiras convencionais de forragens ou cortadas em pedaços de 5cm de comprimento por 1cm de largura com uso de equipamentos apropriados para obtenção de um produto de melhor qualidade (Côrrea e Kato, 1987). Em terreiros de cimento ou sobre lona plástica, as raspas devem ser uniformemente espalhadas em camadas de 8-10Kg/m² e submetidas à exposição ao sol. Podem-se utilizar bandejas de madeira com tela de arame, posicionadas inclinadas e comportando 10 a 16Kg de raspas/m², para acelerar o processo de desidratação. Para obter uma secagem mais uniforme, as raspas devem ser reviradas a intervalos de 2 horas, ou de seis a oito vezes ao dia, utilizando-se rastelos próprios (Vilela e Ferreira, 1987). O término do processo de secagem, ou seja, quando o material apresentar 14,0% de umidade, é atingido quando um pedaço de raspa, ao ser riscado no piso cimentado, deixa marca como se fosse um giz escolar (Carvalho, 1983). O tempo necessário para secagem depende das condições climáticas e do processo de reviramento do material. Calcula-se que, a 23°C e a 70% de umidade relativa do ar, o material seque em um a dois dias (Carvalho, 1997).

Verifica-se que a obtenção de raspa de mandioca constitui tecnologia acessível em sistemas de produção menos tecnificados, fundamentados em base familiar. O rendimento das raspas secas em relação às frescas varia, normalmente, de 30,0 a 40,0% (Vilela e Ferreira, 1987).

A raspa de mandioca pode ser ensacada ou armazenada a granel em ambiente seco e arejado. Para melhor uso, a raspa pode ser transformada em farelo por moagem e posteriormente utilizada na composição de rações. Em condições adequadas, a raiz desidratada conserva seu valor nutritivo por mais ou menos um ano. Entretanto, em condições de umidade do substrato acima de 18,0% e temperatura ambiental acima de 25°C, há favorecimento para crescimento de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* e, conseqüentemente, produção de micotoxinas, que, em concentrações superiores a 20µg de aflatoxinas/Kg de farelo de mandioca, oferecem perigo à saúde dos animais. Nesse caso, torna-se recomendável o tratamento do farelo de raspa com produtos à base de ácido propiônico ou outros compostos fúngicos (Buitrago, 1990).

Nunes (1998) recomendou que o farelo de raspa de mandioca pode ser incluído em até 50% dos concentrados para bovinos de leite. Ribeiro et al. (1976), estudando melaço desidratado e raspa de mandioca como substitutos parciais do milho em rações fornecidas para vacas em lactação, concluíram que é possível incluir até 50,0% de raspa de mandioca.

Ramalho (2005) avaliou níveis de 0,0, 33,0, 67,0 e 100,0% de substituição do farelo de soja por raspa de mandioca corrigida com ureia em dietas baseadas em palma forrageira (44,0%) e silagem de sorgo (38,0%) para vacas Holandês x Zebu no terço inicial de lactação. A raspa e a ureia foram incluídas nas dietas experimentais nos níveis de 0,0 a 13,5% e 0,0 a 3,0%, respectivamente. O autor concluiu que a mistura raspa de mandioca + ureia não substituiu o farelo de soja contido nas dietas de vacas mestiças em lactação, pois influenciou negativamente o consumo e o desempenho animal, sem, contudo, afetar a digestibilidade dos nutrientes.

Em outro estudo, Ramalho (2005) avaliou níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do fubá de milho pela raspa de mandioca corrigida com ureia em dietas baseadas em palma forrageira (26%) e silagem de sorgo (26%), para vacas Holandesas nos dois meses iniciais de lactação. A eficiência alimentar (expressa em Kg de leite corrigido para 3,5% de gordura em relação à ingestão de matéria seca) foi reduzida com a elevação dos níveis de raspa de mandioca.

Já Scoton et al. (2003), avaliando a substituição do milho moído fino por polpa cítrica e raspa de mandioca (50:50) para vacas Holandesas no terço final de lactação, não observaram diferenças na produção de leite, no escore corporal das vacas, na produção e nos teores de gordura, proteína e lactose e no teor de nitrogênio ureico no leite.

Outra opção para utilização das raspas de mandioca é a sua adição ao capim-elefante na confecção de silagem, para aumentar o teor de matéria seca, favorecendo, desta

forma, a fermentação láctica. Dantas et al. (2007) concluíram que a inclusão da raspa de mandioca promove melhoria do perfil fermentativo de silagens de capim-elefante, com níveis entre 7,0 e 15,0% de inclusão sendo suficientes para alcançar tais melhorias. Já Dórea et al. (2007) observaram que a inclusão de 7,0, 15,0 e 30,0% de raspa de mandioca ao capim-elefante reduz linearmente as perdas de efluentes e aumenta a recuperação de matéria seca, melhorando, assim, o valor nutricional da silagem.

4.3.3. Raiz ensilada

Uma alternativa para prolongar a conservação da raiz destinada ao arração animal por período de tempo maior (até dois anos) é a sua ensilagem como forma de conservação de seus componentes nutricionais. Neste processo, ocorre a redução das concentrações de HCN com o tempo de ensilagem, característica importante quando se trabalha com variedades de mandioca “amarga” (Carvalho, 1987).

Para a obtenção de uma boa silagem, inicialmente as raízes sadias e recém-colhidas devem ser lavadas e selecionadas, eliminando-se aquelas com coloração escura. Em seguida, devem ser picadas em pedaços de, no máximo, 2cm e colocadas no silo. A compactação deve ser feita a cada camada de 20 a 40cm, por meio do caminhar de homens ou de animais, ou com auxílio de trator. No fechamento do silo, é importante dar-lhe no topo uma forma abaulada e cobri-lo com uma lona plástica, sobrepondo camadas de terra de 15cm. Deve-se fazer canaleta para evitar entrada de águas pluviais. O segredo da ensilagem está, sobretudo, na rapidez das operações de colher, lavar, picar, compactar e fechar o silo (Carvalho, 1983). A abertura do silo só deve ser realizada após 30 dias de fermentação, e a retirada diária deve ser feita de maneira rápida para evitar exposição excessiva ao ar do material que permanece no silo (Carvalho, 1997).

A inclusão da ureia, no nível de 3,0%, às raízes de mandioca, aumenta o teor de proteína bruta e a estabilidade aeróbica do material ensilado após a abertura do silo. Além disso, a adição de ureia na ensilagem da raiz de mandioca aumenta sua degradabilidade efetiva (Figueiredo et al., 2006).

A silagem de raízes de mandioca apresenta umidade mais variável em relação ao observado nas raízes frescas, sendo ainda dependente do tempo de armazenamento no silo. Apresenta como limitações ao seu uso a baixa concentração de energia, pouca palatabilidade e dificuldade para mistura com outros ingredientes dietéticos (Gil e Buitrago, 2002).

4.3.4. Raiz peletizada

A peletização da raiz de mandioca tem como objetivo a obtenção de um produto mais uniforme, com menor volume, o que facilita o transporte e o armazenamento, bem como a redução da pulverulência. Além disso, a peletização aumenta a qualidade e a durabilidade do produto. Entretanto, é um processo dificilmente realizado na fazenda, por exigir maior investimento, aumentando o custo do produto.

Desta forma, a produção de raiz de mandioca peletizada é realizada em indústrias, que frequentemente adicionam óleos vegetais para aumentar a durabilidade dos péletes e reduzir a pulvurulência. Aproximadamente 2,5 a 3,0 toneladas de raízes frescas são necessárias para produzir 1,0 tonelada de péletes, sob taxa de conversão de 33,0 a 40,0% (Buitrago, 1990).

Péletes de raiz de mandioca apresentam aproximadamente 12,5% de umidade, 2,1% de proteína bruta, 82,5% de amido, 7,1% de fibra bruta e 2,1% de cinzas, com base na matéria seca (Thampan, 1979).

DePeters e Zinn (1992) avaliaram três níveis de inclusão (0, 6 e 12,0%) de péletes de raiz de mandioca em substituição ao grão de milho triturado na dieta de vacas Holandesas com 14 semanas de lactação. Os péletes avaliados eram produto comercial específico e apresentaram 89,13% de matéria seca, 70,37% de amido, 0,44% de nitrogênio, 0,71% de extrato etéreo, 10,38% de fibra em detergente neutro (FDN), 8,44% de fibra em detergente ácido (FDA), 0,26% de cálcio e 0,08% de fósforo. Farelo de algodão foi incluído em níveis crescentes para corrigir a deficiência proteica da raiz da mandioca. Não houve diferença ($p > 0,05$) nos parâmetros de composição, bem como na produção de leite corrigida para 4,0% de gordura, em média, de 27,3Kg/dia. Além disso, os teores de nitrogênio ureico no plasma e no leite não diferiram entre tratamentos. Os autores concluíram que os péletes de raiz de mandioca substituíram com sucesso o grão de milho triturado.

5. PARTE AÉREA DA MANDIOCA

5.1. Aspectos nutricionais

A parte aérea da mandioca é constituída pelas hastes e folhas (pecíolo e limbo) em proporções variáveis, sendo considerada um resíduo gerado na colheita das raízes. É um produto que possui teor de proteína superior à maioria das forrageiras tropicais, sendo que as folhas apresentam 28,0 a 32,0% de proteína bruta, e as hastes e talos 11,0% (Carvalho et al., 2002). Além disso, a parte aérea da mandioca é rica em vitaminas, especialmente vitaminas A, C e do complexo B, e o conteúdo de minerais é relativamente alto, especialmente cálcio e ferro. Contém três vezes mais ácidos graxos e o dobro de fibras que as raízes (Valencia, 2002).

Apesar de apresentar excelente qualidade nutricional e aceitabilidade pelos animais, seu aproveitamento como fonte de proteína de baixo custo para produção animal tem sido reduzido. Isso foi atribuído, principalmente, à falta de conhecimento dos produtores e técnicos acerca dos critérios para sua utilização (Carvalho, 1983). Devido ao fato de grande quantidade de folhagem de mandioca encontrar-se desprezada no solo após a colheita da raiz, é necessária a viabilidade do seu uso em indústrias alimentícia, farmacêutica, dentre outras, assim como na alimentação humana e animal como fonte de alternativa proteica (Ferri, 2006).

A composição bromatológica da parte aérea da mandioca varia de acordo com a proporção entre hastes e folhas, variedade utilizada, época de colheita, manejo adotado, fertilidade do solo e condições climáticas. Segundo Buitrago (1990), uma folhagem de mandioca de boa qualidade deve apresentar, com base na matéria seca, 18,0 a 22,0% de proteína bruta (PB), 15,0 a 20,0% de fibra bruta (FB), 4,0 a 6,0% de extrato etéreo (EE), 8,0 a 12,0% de cinzas e 40,0 a 50,0% de extrativo não nitrogenado (ENN). Os valores bromatológicos encontrados por Modesto et al. (2004) para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram de 25,20%, 19,5%, 51,0%, 41,0% e 12,4%, respectivamente.

A PB da parte aérea da mandioca é de boa qualidade, com alto teor de lisina (7,2g/100g de PB), mas com baixa concentração de aminoácidos sulfurados, como metionina (1,7g/100g de PB), cujas concentrações encontram-se abaixo dos requerimentos nutricionais dos ruminantes (Lopes et al., 2005). Com relação aos outros aminoácidos essenciais, exceto arginina e leucina, os demais se apresentam em concentrações semelhantes ou superiores às verificadas em leguminosas (Buitrago, 1990).

As folhas apresentam nível relativamente alto de EE (5,0 a 7,0% da MS), com quantidades relevantes de ácidos graxos essenciais, xantofilas e pigmentos (Buitrago, A., 1990). A parte aérea da mandioca apresenta como principal componente energético o amido, com concentração na MS de 4,73 a 9,71% no terço superior (rama) e 12,16 a 19,23% nos 2/3 inferiores, para plantas colhidas 12 meses após o plantio (Carvalho, 1984).

As folhas da mandioca também apresentam taninos (3,0 a 5,0% na matéria seca), os quais reduzem a digestibilidade de aminoácidos, em especial a metionina (Nelson et al., 1975). Alguns trabalhos têm sugerido que vacas e búfalos alimentados com dietas à base de forragem da parte aérea da mandioca apresentaram, comparativamente, menor contagem de ovos de nematódeos gastrointestinais, efeito esse atribuído à presença de taninos atuando como agentes anti-helmínticos (Netpana et al. , 2001).

5.2. Manejo e formas de utilização

Quando o cultivo da mandioca destina-se exclusivamente à produção da parte aérea, a colheita pode ser realizada a partir de três meses, a cerca de 50-70cm acima do solo, em intervalos de dois a três meses. Esta forma de manejo permite a obtenção de 4t/ha/ano de PB. Sob condições de adequada fertilização e irrigação, Montilla (1976) reportou uma produção de 34 toneladas de matéria seca ao ano, correspondendo a 6 toneladas de proteína por hectare.

Quando a máxima produção de proteína é objetivo principal, as raízes exercem função de reservas de nutrientes para a rebrota da parte aérea, e a cultura torna-se semi-perene, produzindo por dois a três anos.

Existem três formas práticas de realizar o manejo da parte aérea da mandioca como matéria-prima para alimentação de vacas leiteiras, envolvendo o fornecimento ao natural, a produção de silagem e o preparo de feno.

Rodrigues e Campos (2000) recomendaram usar a fração da parte aérea constituída pelas folhas, pecíolos e hastes mais tenras, evitando-se as partes lenhosas da planta, o que, em termos práticos, representa o terço superior da planta. Entretanto, Carvalho (1984) sugere a utilização os dois terços superiores da parte aérea.

5.2.1. Parte aérea fresca

A utilização direta da parte aérea fresca constitui a maneira mais simples e econômica de se fornecer mandioca aos animais, já que os custos diminuem consideravelmente. Para variedades “mansas”, basta picar e distribuir imediatamente nos cochos de alimentação. No entanto, em se tratando de mandioca-brava, recomenda-se fazer uma murcha, após a picagem do material, por um período mínimo de 24 horas. A forragem assim obtida deve ser misturada com 50,0% de outros volumosos (Carvalho, 1983), e a introdução na dieta deve ser gradativa.

Segundo Buitrago (1990), as categorias de bovinos que melhor respondem a um programa de alimentação à base de forragem de parte aérea da mandioca fornecida fresca são aquelas com maiores requerimentos nutricionais, como vacas de alta produção.

5.2.2. Parte aérea ensilada

A ensilagem é um processo de armazenamento menos dependente das condições climáticas, que visa à conservação dos nutrientes da forragem e que evita a perda excessiva das folhas.

Para efetivação desta prática, a parte aérea deve ser picada em partículas de 1 a 2cm, colocada no silo e compactada a cada camada de 20cm. Os demais passos do processo de ensilagem são semelhantes aos recomendados para a raiz e, da mesma forma, o silo deverá ser aberto somente após 30 dias de fermentação.

Carvalho (1983) recomendou o aproveitamento de toda a parte aérea para produção de silagem, já que as hastes apresentam 18,0 a 22,0% de carboidratos solúveis, necessários para a rápida redução do pH e conservação do material.

A parte aérea da mandioca apresenta qualidade nutricional superior à maioria das gramíneas empregadas na ensilagem. Dessa forma, a mistura do capim-elefante com 25,0% de parte aérea da mandioca melhora sensivelmente o valor nutricional do material e os parâmetros de qualidade da silagem (Carvalho, 1983).

Modesto et al. (2003c) avaliaram a composição bromatológica da silagem do terço superior da parte aérea da mandioca e encontraram 19,46% de PB, 50,75% de FDN,

40,86% de FDA, 12,43% de lignina, 4,25% de EE e 7,42% de cinzas. No fracionamento das proteínas, as frações A+B₁ (solúvel e de rápida degradação ruminal), B₂ (degradação intermediária), B₃ (lenta degradação) e C (indigestível) foram de 37,37%, 10,21%, 26,94% e 25,48%, respectivamente. Quanto ao fracionamento dos carboidratos, as frações A+B₁, B₂ e C foram de 25,03%, 31,95% e 43,01%, respectivamente.

Utilizando vacas Holandesas com 100 ± 20 dias em lactação, Modesto et al. (2003a, b) avaliaram o consumo, a digestibilidade aparente, a produção e a composição do leite para dietas à base de 50,0% de volumoso e 50,0% de concentrado, com níveis crescentes de substituição (0,0, 20,0, 40,0 e 60,0%) da silagem de milho por silagem da parte aérea da mandioca. Os autores sugeriram que se podem utilizar até 60,0% de substituição, o que corresponde a 20% de inclusão de silagem da parte aérea da mandioca na dieta total, já que não foram observadas diferenças (p>0,05) nos parâmetros avaliados. As médias observadas para consumo de MS e produção de leite corrigida para 4,0% de gordura foram, respectivamente, de 2,63% PV e 24,54Kg/vaca/dia.

5.2.3. Parte aérea desidratada ao sol (Feno)

O procedimento de desidratação da parte aérea da mandioca visa à redução na umidade e à diminuição nas concentrações de HCN para níveis não tóxicos. Além disso, esse processo facilita a incorporação do produto final em rações balanceadas (Buitrago, 1990). Segundo Wanapat (2001), a secagem ao sol eliminou acima de 90% do HCN presente na parte aérea fresca da mandioca e aumentou a palatabilidade e o tempo de armazenagem.

De acordo com Carvalho (1983), para a produção de feno, a parte aérea da mandioca deve ser cortada a 40cm do solo, o que permite maior concentração de folhas e, conseqüentemente, maior concentração de proteína. O material deve ser picado em partículas de 2cm e espalhado (15Kg/m²) sobre terreiro cimentado ou lâmina de polietileno (lona plástica). No primeiro dia, deve-se revirar a forragem picada em intervalos de duas horas e, no segundo dia, duas vezes. Após completar a secagem (12% de umidade), o material pode ser ensacado e armazenado em local seco e arejado. Nessas condições, conserva seu valor nutritivo por cerca de um ano.

A ocorrência de chuva ou alta umidade relativa do ar e a perda de folhas, que facilmente desprendem-se quando secas, podem prejudicar a qualidade do feno produzido (Carvalho, 1997). Dessa forma, deve ser dada atenção ao processo de preparo do feno para evitar esses problemas.

Alternativamente, o feno da parte aérea da mandioca pode ser triturado e transformado em farelo, o que facilita o manuseio, a conservação e a mistura com outros ingredientes da ração (Lopes et al., 2005).

Segundo Buitrago (1990), o farelo de parte aérea da mandioca com alta proporção de folhas deve apresentar 90,0% de MS; 20,0% de PB; 18,5% de FB; 65,0% de NDT; 2,70Mcal/Kg de energia digestível (ruminantes); 1,20% de Ca e 0,30% de P. De acordo com Wanapat et al. (1997), o feno da parte aérea da mandioca apresenta maior teor de PB e menores concentrações de FDN, FDA e lignina (24,9%, 34,4%, 27,0% e 3,8%, respectivamente) em relação ao feno de alfafa (17,0%, 46,0%, 35,0% e 9,0%, respectivamente).

O feno da parte aérea da mandioca apresenta maior concentração de nutrientes em relação à forragem fresca, podendo ser utilizado na preparação de suplementos proteicos para categorias de maior requerimento nutricional, como vacas em lactação (Gil e Buitrago, 2002). Wanapat (2002) sugeriu a suplementação com 1 a 2Kg/dia de feno de parte aérea de mandioca para vacas em lactação, o que promove melhorias na produção e composição do leite, além de aumentar a vida de prateleira desse produto, devido à maior concentração de tiocianato (19,5ppm). Segundo a FAO (2003), o farelo da parte aérea da mandioca pode compor até 35% do concentrado para vacas leiteiras.

Outra opção de uso para o feno da parte aérea da mandioca é a sua adição à silagem de capim-elefante. Segundo Amaral et al. (2007), a inclusão de 9,5%, com base na matéria natural, de feno da parte aérea da mandioca proporciona aumento no teor de MS e redução das perdas por efluentes.

6. PLANTA INTEGRAL (RAÍZES E PARTE AÉREA)

O aproveitamento integral da mandioca com uso simultâneo de raízes e da parte aérea, visando à alimentação de vacas leiteiras, é uma alternativa em potencial que pode oferecer redução de custos na produção animal, porque combina fonte energética (a raiz) com a fonte proteica (a parte aérea).

O fornecimento da planta integral fresca é o modo mais simples de preparo, sendo necessária a trituração do material em picadeira, seguida por um pré-murchamento, por um período de 24 horas.

Outra forma de utilização é a conservação da planta sob forma de silagem, que, segundo a FAO (2003), apresenta grande potencial para uso em pequenas propriedades, na estação seca do ano. Para a obtenção de uma silagem de elevada qualidade, deve-se realizar um prévio emurchecimento da parte aérea e garantir um mistura mais homogênea possível entre a parte aérea e a raiz.

A parte aérea e a raiz da mandioca apresentam características nutricionais que se complementam, já que a primeira é rica em energia, porém pobre em proteína, e a segunda apresenta alto teor proteico. Dessa forma, a mistura dessas frações para a produção de péletes resulta em um alimento com excelente valor nutricional. Esse processo é realizado com êxito na Tailândia, mas no Brasil ainda é pouco difundido

(Carvalho, 1983). Essa prática é promissora para o aproveitamento da mandioca na alimentação animal, entretanto exige investimentos incompatíveis com o nível de tecnologia de pequenas propriedades.

7. RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DA MANDIOCA

O processamento industrial da mandioca está relacionado à fabricação de farinha e à extração de fécula (amido). Os subprodutos residuais originados da transformação das raízes da mandioca apresentam composição nutricional muito variável, devido aos diferentes processos utilizados na sua obtenção. Sendo assim, torna-se fundamental a análise de sua composição bromatológica para um correto balanceamento da dieta. A utilização desses resíduos na alimentação animal dependerá da disponibilidade deles no mercado e do custo competitivo em relação a outros alimentos com características nutricionais favoráveis e composição química homogênea (Lopes et al., 2005). Dentre vários subprodutos com potencial de inclusão em dietas de vacas leiteiras, destacam-se a farinha de varredura, a casca de mandioca e o bagaço de mandioca.

7.1. Farinha de varredura

A farinha de varredura é obtida nas farinheiras durante a limpeza de todo o material perdido no chão, formado por farinha e pó, apresentando elevados teores de amido (80,0%) e de MS (90,0%) e baixas concentrações de FDN e FDA. Sua composição química é muito semelhante à farinha de mandioca (Caldas Neto et al., 2000).

Apresenta como limitações ao uso a baixa palatabilidade e a alta pulvurulência, o que dificulta o consumo.

7.2. Casca de mandioca

A casca de mandioca é um subproduto proveniente da pré-limpeza da mandioca na indústria, constituída de ponta e raiz, casca e entrecasca, chegando a apresentar 85% de umidade (Cereda, 2000). Por ser formada, principalmente, por elementos estruturais da raiz da mandioca, possui altos teores de FDN e de FDA e baixa concentração de amido (Marques et al., 2000).

Apresenta como limitações à inclusão na dieta de vacas leiteiras a umidade elevada, a provável contaminação por terra e o alto teor de compostos cianogênicos.

Ifut (1988) sugeriu a secagem deste subproduto para facilitar a conservação, aumentar a concentração de suas propriedades nutricionais, permitir armazenamento por tempo mais prolongado e eliminar a maior parte do HCN presente na casca fresca.

7.3. Bagaço de mandioca

A massa, ou bagaço, da mandioca é composta pelo material fibroso da raiz, contendo parte do amido que não foi possível extrair no processamento. É gerada na etapa de

separação da fécula e, por estar embebida em água, apresenta cerca de 75,0% de umidade (Cereda, 2000). Apesar do alto nível de fibra e lignina (34,9% de FDN e 5,9% de lignina), o bagaço geralmente contém uma quantidade considerável de amido (até 60,0%). Por outro lado, seu nível de glicosídeos cianogênicos é mínimo, uma vez que os processos de lavagem e extração eliminam quase totalmente esse princípio tóxico (Ramos et al., 2000).

Lima et al. (2008), avaliando diferentes níveis de inclusão (0,0, 5,0, 10,0 e 15,0%) de bagaço de mandioca à dieta de vacas mestiças com 100 a 150 dias em lactação, concluíram que esse subproduto pode ser incluído em até 15,0% na dieta total sem trazer transtornos fisiológicos ou nutricionais aos animais.

Devido ao baixo teor de matéria seca, o bagaço de mandioca não é adequado para produção de silagem, tornando-se necessária a pré-secagem do material a ser ensilado ou a inclusão de aditivos com alto teor de MS. Ferreira et al. (2007) obtiveram silagem com bons parâmetros de qualidade para o bagaço de mandioca pré-seco por cinco horas ao sol e enriquecido com 4,0% de farelo de trigo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mandioca apresenta ampla versatilidade quanto às formas de utilização na alimentação de bovinos. Desta forma, representa uma alternativa para substituição de ingredientes de alto custo tradicionalmente utilizados em sistemas de produção de leite. Para que as dietas baseadas em produtos e subprodutos da mandioca permitam bom desempenho dos animais, deve-se estar atento à correção das deficiências nutricionais deste alimento, bem como seguir recomendações de manejo que garantam eliminação do risco de intoxicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.A.; VEDOVOTO, G.L. *A indústria do amido da mandioca*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 201p.

AMARAL, R.S.; ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V. et al. Feno da parte aérea da mandioca na ensilagem de capim-elefante: perdas e teor de matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

BUITRAGO A., J.A. *La yuca en la alimentación animal*. Cali: CIAT, 1990. 446p.

CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.2099-2108, 2000.

CAMARGO FILHO, W.P.; ALVES, H.S. Produção e mercado da mandioca: análise de preços ao produtor. *Inf. Econ.*, v.34, n.9, p-47-52, 2004.

CAMPOS NETO, O.; BEM, C.H.W. Mandioca. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.215-228.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V., SANTOS, G.S. et al. Degradabilidade ruminal do capim-elefante, da palma, do guandu e da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

CARVALHO, J.L.H. *A mandioca: raiz e parte aérea da mandioca na alimentação animal*. Brasília, DF: Embrater, 1983. 44p. (Articulação pesquisa e extensão, 2).

CARVALHO, J.L.H. *A mandioca: raiz e parte aérea da mandioca na alimentação animal*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1997. 11p.

CARVALHO, J.L.H. A parte aérea da mandioca na alimentação animal. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.28-36, 1984.

CARVALHO, V.D. O ácido cianídrico em produtos de mandioca. *Inf. Agropec.*, v.13, n.145, p.88-91, 1987.

CEREDA, M.P. Caracterização dos subprodutos da mandioca. In: CEREDA, M.P. (Coord.). *Manejo, uso e tratamentos de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo, SP: Fundação Cargill, 2000. p.13-37.

CHEDLY, K., LEE, S. Silage from by-products or smallholders. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999, Rome. *Proceedings...* Rome: FAO, 1999.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*, 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p.329-381.

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. *Fabricação do amido e sua utilização*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152p.

CORRÊA, H., KATO, M. S.A. Efeito da poda na conservação e qualidade de raízes de mandioca. *Inf. Agropec.*, v.13, n.145, p.17-18, 1987.

DANTAS, P.A.S., DÓREA, J.R.R., SANTOS, E.M. et al. Perfil fermentativo de silagens de capim-elefante com níveis de raspa de mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

DePETERS, E.J.; ZINN, R.A. Tapioca pellets as a partial replacement for maize in the diet of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.39, p.125-134, 1992.

DÓREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SANTOS, E.M. et al. Composição bromatológica, produção de efluentes e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante com níveis de raspa de mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

FERREIRA, G.D.G.; CARDOSO, E.C.; OLIVEIRA, R.L. et al. Caracterização bromatológica e estimativas de energia da massa de mandioca ensilada com farelo de trigo em silos laboratoriais. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.8, p.457-464, 2007.

FERRI, P. *Extração de proteínas de folhas de mandioca (Manihot esculenta Crantz), para obtenção do concentrado proteico*. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, PR.

FIGUEIREDO, M.P.; SOUZA, L.F.; FERREIRA, J.Q. Cinética da degradação ruminal da matéria seca da haste, da raiz, do feno da parte aérea e da silagem de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tratada com ureia. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v. 43, p.11-17, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Animal feed resources information system. *Manihot esculenta*. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acessado em: 12 ago. 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Animal feed resources information system. *Manihot esculenta*. Disponível em: <http://www.fao.org> Acessado em: 20 mar. 2007.

GIL, J.L.; BUITRAGO A., J.A. La yuca em La alimentación animal. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Comp.). *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali: CIAT, 2002. p.527-569. (Publicación CIAT, 327).

HERVAS MORENO, E. *Mandioca, potencial energético na alimentação do suíno*. Londrina, PR: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1982. 53p. (Circular, 27).

IFUT, O.J. The potencial os cassava Peel for feeding goats in Nigeria. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. *Proceedings...* Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture: International Livestock Centre of Africa, 1988. p.72-81.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados agregados. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: abr. 2009.

KATO, M.S.A.; SOUZA, S.M.C. Conservação de raízes após a colheita. *Inf. Agropec.*, v.13, n.145, p.9-16, 1987.

LIMA, L.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. et al. Bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na dieta de vacas leiteiras: consumo de nutrientes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, p.1004-1010, 2008.

LOPES, F.C.F.; ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. Mandioca na alimentação de bovinos. In: SOUZA, L.S., FARIAS, A.R.N., MATTOS, P.L.P. et al. (Ed.). *Processamento e utilização da mandioca*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005, p.444-515.

MADSEN, A.; OSTERBALLE, R.; MORTENSEN, H.P. et al. *The influence of feeds on meat quality of growing pigs*: Tapioca meal, dried skimmed milk, peas, rapeseed cake, conventional oats and naked oats. Copenhagen: National Institute of Animal Science, 1990. 75p. (Report, 673).

MARQUES, J.A.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, p.1528-1536, 2000.

MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.1109-1117, 1999.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; FAUSTINO, J. et al. Substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: produção e qualidade do leite In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: SBZ, 2003a. CD-ROM.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; SILVA, D.C. et al. Substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: SBZ, 2003b. CD-ROM.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização da silagem do terço superior da rama de mandioca *Manihot esculenta* Crantz. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: SBZ, 2003c. CD-ROM.

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. *Acta Scient.*, v.26, p.137-146, 2004.

MONTILLA, J.J. Utilization of whole cassava in anima feed. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FEED COMPOSITION, ANIMAL NUTRIENT REQUIREMENTS AND COMPUTERIZATION OF DIETS, 1., Logan. *Proceedings...* Logan: EAAP, 1976, p.98-104.

NELSON, T.S.; STEPHENSON, E.L.; BURGOS, A. et al. Effect of tannin content and dry matter digestion on energy utilization and average amino aci availability of hybrid sorghum grains. *Poult. Sci.*, v.54, p.1620-1623, 1975.

NETPANA, N.; WANAPAT, M.; POUNGCHOMPU, O. et al. Effect of condensed tannins in cassava hay on fecal parasitic egg counts in swamp buffaloes and cattle. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMA FEED, 2001, Khon Kaen. *Proceedings...* Khon Kaen: Khon Kaen University: SIDA-SAREC, 2001. Disponível on: <http://www.mekarn.org/procKK/netp.htm>.

NUNES, I.J. *Cálculo e avaliação de rações e suplementos*. Belo Horizonte, MG: Editora FEP-MVZ, 1998. 185 p.

RAMALHO, R.P. *Raspa de mandioca na alimentação de vacas leiteiras*. 2005. 53f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

RAMOS, P.R.; PRATES, E.R.; FONTANELLI, R.S. et al. Uso do bagaço da mandioca em substituição ao milho no concentrado para bovinos em crescimento. 2. Digestibilidade aparente, consumo de nutrientes digestíveis, ganho de peso e conversão alimentar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.300-305, 2000.

RANGEL, A.H.N.; LEONEL, F.P.; BRAGA, A.P. et al. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. *Rev. Verde Agroecol. Desenv. Sustent.*, v.3, n.2, p.1-12, 2008.

RODRIGUES, A.D.; CAMPOS, O.F. Resíduos industriais da raiz de mandioca na alimentação de bovinos. In: CEREDA, M.P. *Manejo, uso e tratamentos de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: Fundação CARGILL, 2000. p.240-259.

SANDA, I.A.; METHU, J.N. Evaluation of cassava energy source in dairy cow concentrate feeds in Kenya. In: WORKSHOP ON THE POTENCIAL UTILIZATION OF CASSAVA AS LIVESTOCK FEED IN AFRICA, 1988, Ibadan. *Proceedings...* Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture: International Livestock Centre of Africa, 1988. p.127-134.

SCOTON, R.A.; SANTOS, F.A.P.; IMAIZUMI, H. et al. Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria, RS: SBZ, 2003. CD-ROM.

TAFUR, M.S.M. La yuca em la alimentación animal. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Ed.). *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali: CIAT-CLAYUCA-MADR-FENAVI, 2002. p.34-45. (Publicación CIAT, 327).

TELES, F.F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. *Inf. Agropec.*, v.13, n.145, p.18-22, 1987.

THAMPAN, P.K. Mineral nutrition and fertilization. In: CASSAVA. Mannuthy, Trichur, Kerala, India: Kerala Agric. Univ Press, 1979.

VALENCIA, D.F. *Evaluación, producción y calidad Del forraje de La yuca Manihot esculenta Crantz com corte periódico manual*. 2002. 65f. Monografía (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Nacional da Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

VILELA, E.R.; FERREIRA, M.A. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. *Inf. Agropec.*, v.13, n.145, p.53-57, 1987.

WANAPAT, M. Role of cassava hay as animal feed in the tropics. In: INTERNATIONAL WORKSHOP CURRENT RESEARCH AND DEVELOPMENT ON USE OF CASSAVA AS ANIMAL FEED, 2001, Khon Kaen. *Proceedings...* Khon Kaen: Khon Kaen University: SIDA-SAREC, 2001.

WANAPAT, M. The role of cassava hay as animal feed. In: ASIAN CASSAV RESEARCH WORKSHOP, 7., 2002, Bangkok. *Proceedings...* Bangkok: The Nippon Foundation, Khon Kaen University, 2002. p.21.

WANAPAT, M.; PIMPA, O.; PETLUM, A. et al. Cassava hay: A new strategic feed for ruminat during the dry section. *Livest. Res. Rural Dev.* v.9, n.2, 1997.

ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N. et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.898-905, 1999.

ZINN, R.A.; DePETERS, E.J. Comparative feeding value of tapioca pellets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.4726-4733, 1991.

CAPÍTULO 18

COPRODUTOS DO TRIGO E DO ARROZ NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Flávia Cardoso Lacerda Lobato¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Isabela Rocha França Machado Veiga³, Fernando Pimont Pôssas⁴*

RESUMO

O arroz e o trigo são destinados, principalmente, ao consumo humano. Durante o beneficiamento desses cereais, são gerados coprodutos potencialmente utilizáveis na alimentação animal, destacando-se o farelo de arroz e o farelo de trigo. Objetivou-se neste capítulo caracterizar tais cereais e seus coprodutos, além de avaliar o potencial de utilização do farelo de trigo e do farelo de arroz na alimentação de vacas leiteiras.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 170 milhões de cabeças, sendo que, deste efetivo, cerca de 35 milhões são de animais destinados à produção de leite (ANUALPEC, 2007).

O leite está entre os seis primeiros produtos mais importantes da agropecuária brasileira, ficando à frente de produtos tradicionais como café beneficiado e arroz. O agronegócio do leite e de seus derivados desempenha um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2003).

Tendo em vista a importância social, nutricional e econômica do leite, no âmbito nacional e mundial, é necessário o estudo de alimentos alternativos para utilização em dietas de gado leiteiro. A possibilidade do emprego desses alimentos garante ao produtor maior flexibilidade na formulação das dietas. Isto é interessante principalmente em anos de preços elevados do milho e soja, alimentos tradicionalmente empregados nos sistemas de produção leiteira.

Dentre os diversos alimentos que compõem as rações animais, os cereais ocupam posição de destaque. O arroz e o trigo, alimentos amplamente destinados ao consumo humano, ao serem processados, geram coprodutos potencialmente utilizáveis na alimentação animal. O aproveitamento racional desses coprodutos, além de

¹ Médica Veterinária, MSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. lobato.fafa@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. fpimont@gmail.com

possibilita uma redução de custos na alimentação, permite uma destinação mais adequada a eles, reduzindo os riscos de poluição ambiental.

Recentemente, o uso de coprodutos da agroindústria na alimentação animal tem se tornado prática comum, com resultados positivos para o sistema de produção. No entanto, a variabilidade da qualidade observada nestes coprodutos pode ser de grande magnitude, uma vez que se trata de material sem padrão de qualidade, sujeito à adulteração e à contaminação. Outro aspecto é a disponibilidade inconstante ao longo do ano, prejudicando as projeções futuras de utilização e compra de alimentos. Portanto, o uso deste recurso deve ser acompanhado de avaliação laboratorial criteriosa para se evitar problemas de ordem sanitária e econômica (Zardo e Lima, 1999).

1. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO TRIGO

O trigo é uma gramínea de inverno do gênero *Triticum*, amplamente utilizado na alimentação humana. Atualmente é o cereal mais produzido no mundo, o que pode ser justificado pela sua adaptação a uma grande variedade de solos e climas, alta palatabilidade, aspectos culturais, entre outros.

Numerosas espécies são encontradas, mas somente três apresentam importância econômica: o trigo duro (*Triticum durum*), o trigo comum (*Triticum aestivum*) e o trigo compacto (*Triticum compactum*). O *Triticum aestivum* representa mais de 90% da produção mundial, sendo a espécie genericamente cultivada no Brasil (Miranda, 2006).

Mais de 90,0% da produção de trigo no Brasil estão concentradas na região Sul. O estado do Paraná, seguido do Rio Grande do Sul lideram a produção nacional. De acordo com estimativas feitas pela Conab, a produção na safra de 2008-2009 será 47,2% superior à safra 2007-2008, devido à expansão da área plantada em 30,9% e da produtividade média nacional em 12,5%.

O aumento na produção poderá favorecer sua utilização na alimentação animal. Outras variáveis também influenciam o emprego desse cereal, como o preço em comparação ao milho, o valor nutricional, a classificação, entre outras. O grão integral normalmente só é destinado ao consumo animal quando possui classificação inferior, como é o caso do trigoilho. Já os coprodutos obtidos do beneficiamento do trigo, como o farelo e o farelinho de trigo, são largamente empregados na manufatura de dietas para alimentação animal.

2. NORMAS PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Dentre os produtos da limpeza e industrialização do trigo, pode-se citar: o trigo grão, o farelo de trigo, o farelinho de trigo e o trigoilho, definidos como:

2.1. Trigo grão

Grão inteiro, destinado à alimentação animal, que deve ser isento de sementes tóxicas e resíduos de pesticidas (Lima e Viola, 2001).

2.2. Farelo de trigo

Principal e mais abundante subproduto da moenda de grãos, consiste em um recurso alimentar renovável (Beaugrand et al., 2004). É formado por pericarpo, partículas finas de gérmen e das demais camadas internas dos grãos e outros resíduos resultantes do processamento industrial. Deve ser isento de matérias estranhas à sua composição (Lima e Viola, 2001).

2.3. Farelinho de trigo

Coproduto obtido da polidura do grão, composto de finas partículas do gérmen e do farelo. Apresenta maior conteúdo de gordura e proteína do que o farelo. Nos moinhos, o farelo e o farelinho de trigo correm em bicas separadas; entretanto, no mercado brasileiro, a rotina é o emprego dos dois, formando um produto único com o nome de farelo de trigo comercial (Campos et al., 1995).

2.4. Triguilho

Grãos pouco desenvolvidos, mal granados ou chochos, resultantes de lotes cujo peso específico é menor que o mínimo exigido na moagem, ou resultante da classificação do trigo após a eliminação das impurezas (Lima e Viola, 2001).

A utilização desses alimentos na dieta animal deverá seguir algumas normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, demonstradas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Padrão exigido para a utilização do trigo, farelo de trigo e triguilho na alimentação animal.

Parâmetro	Unidade	Trigo, grão	Trigo, farelo	Triguilho
Umidade (máximo)	%	13,0	13,5	13,0
Proteína bruta (mínimo)	%	15,0	14,0	12,0
Extrato etéreo (mínimo)	%	1,0	3,0	1,0
Fibra bruta (máximo)	%	4,0	11,0	6,0
Matéria mineral (máximo)	%	2,0	6,0	4,0
Impurezas (máximo)	%	1,0	-	1,0
Aflatoxina (máximo)	Ppb	20,0	20,0	20,0

Fonte: Compêndio... (1998).

Tabela 2. Classificação do trigo (Portaria nº 167, de 29.07.94).

Tipo	Umidade (% máx.)	Peso do hectolitro (Kg/hl mín.)	Matérias estranhas e impurezas (% máx.)	Grãos danificados		
				Pelo calor mofados e ardidos (% máx.)	Triguilhos, quebrados e chochos (% máx.)	Por insetos e/ou pragas germinados esverdeados (% máx.)
1	13,0	78	1,0	0,5	1,5	1,0
2	13,0	75	1,5	1,0	2,5	1,5
3	13,0	70	2,0	2,0	5,0	2,0

Fonte: Compêndio... (1998).

3. CLASSIFICAÇÃO DO GRÃO DE TRIGO

A classificação do trigo pode ser realizada conforme a cor e a textura do grão. As variedades de trigo duro normalmente são cultivadas em regiões de clima temperado, com baixo índice pluviométrico. Esses grãos são pequenos e apresentam uma textura rígida com glúten duro ou moderadamente duro. O trigo mole é produzido em climas mais amenos e com maior incidência de chuvas. As variedades pertencentes a este tipo de trigo são semeadas no outono e apresentam grãos maiores do que as variedades duras, necessitando de um período de baixas temperaturas para o seu melhor desenvolvimento (Olentine, 1985, citado por Lima e Viola, 2001).

4. ESTRUTURA DO GRÃO DE TRIGO

O grão de trigo se divide praticamente em duas partes: o pericarpo e a semente. O pericarpo, estrutura mais externa, recobre toda a semente, sendo formado por seis camadas: epiderme, hipoderme, remanescentes da parede celular ou células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares.

Já a semente é formada pelo endosperma e o gérmen, recobertos por três camadas: testa (onde se encontram os pigmentos que dão cor ao grão), camada hialina e aleurona. A aleurona, do ponto de vista botânico, faz parte do endosperma, mas, no processo de moagem, ela faz parte do farelo.

Os principais constituintes botânicos do farelo de trigo são tecidos do pericarpo e aleurona. O pericarpo possui parede celular altamente lignificada, enquanto as células da camada de aleurona são grandes e possuem alta concentração de amido e proteína, com paredes celulares não lignificadas. Os principais polissacarídeos que formam as paredes do pericarpo são as arabinoxilanas (660g/Kg) e a celulose (320g/Kg), enquanto a aleurona é formada por arabinoxilanas (650g/kg) e β -glucanas (310g/kg). Aparentemente toda a lignina do grão está associada com as paredes do pericarpo (Lima e Viola, 2001).

5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TRIGO

A Tabela 3 mostra a composição química do milho, trigo grão, farelo de trigo e trigoilho.

A composição química do trigo é muito variada e irá depender do cultivar e das condições edafoclimáticas. Geralmente, a proteína do trigo é superior à do milho em concentração, qualidade e composição de aminoácidos. Os aminoácidos limitantes em ordem de importância são: lisina, treonina, metionina e valina.

O principal componente energético do trigo é o amido, que representa aproximadamente 60,0% do grão e 70,0% do endosperma. Cerca de 25,0% do amido é composto por amilose, enquanto os 75,0% restantes são compostos por amilopectina. A amilose é uma cadeia linear de polímeros de glicose, enquanto a amilopectina é uma cadeia ramificada. O trigo também é constituído por pentosanas, dextrinas, açúcares, celulose e hemicelulose.

O trigo contém entre 1,0 a 2,0% de lipídios, enquanto o milho apresenta em torno de 4,0%, nos cultivares comuns e até 8,0% nos cultivares com alto teor de óleo. Os ácidos graxos são, na sua maior parte, insaturados, sendo encontrados abundantemente os ácidos oleico e linoleico. O ácido linoleico compreende 50,0% ou mais do total de ácidos graxos do grão de trigo, assim como do milho, enquanto o ácido oleico apresenta concentração em torno de 11,0% deste total (Lima e Viola, 2001).

O trigo grão e o trigoilho possuem teor de energia muito superior ao do farelo de trigo, mesmo que ainda continuem com energia inferior àquela observada para o milho. Isto pode ser devido ao fato de o teor de fibra presente no trigo grão e no trigoilho ser menor que do farelo de trigo. Quando comparada à das forragens, a fibra do farelo de trigo tem efetividade mediana, porém mais alta do que a maioria das fibras dos alimentos concentrados. Vaughan et al. (1991), citados por Martinez (2008), compararam a efetividade do farelo de trigo em relação à silagem de alfafa e chegaram ao coeficiente de 0,57; ou seja, 57,0% da FDN do trigo é efetiva (adotando-se a FDN da silagem de alfafa como referência - 100,0%).

Em relação ao teor de proteína e gordura, o farelo de trigo apresenta níveis mais elevados em relação ao trigoilho e trigo grão, mas, em comparação ao milho, os três alimentos são superiores em proteína e aminoácidos totais. De acordo com National Research Council - NRC (2001), a proteína do farelo de trigo é altamente degradável no rúmen (79,3%, segundo o NRC, 2001), sendo utilizada com eficiência por ruminantes consumindo forragens de baixa qualidade, que normalmente são deficientes em proteína degradável no rúmen (Martinez, 2008).

Tabela 3. Composição química do milho grão, trigo grão, farelo de trigo e trigoilho.

Nutriente	Milho grão	Trigo grão	Farelo de trigo	Trigoilho
	Valadares Filho et al. (2006)	Valadares Filho et al. (2006)	Valadares Filho et al. (2006)	Rostagno et al. (2005)
Matéria seca (%)	87,64	87,54	88,01	88,17
Proteína bruta (%)	9,11	15,06	16,63	13,61
Extrato etéreo (%)	4,07	1,32	3,53	2,11
Matéria mineral (%)	1,55	1,69	5,58	2,76
Fibra bruta (%)	2,17	2,88	9,52	6,55
Fibra em detergente neutro (%)	13,98	12,77	44,30	18,71
Fibra em detergente ácido (%)	4,08	2,90	13,52	8,85
Lignina (%)	1,16	1,19	4,00	-
NDT (%)	87,24	-	72,43	-
Amido (%)	73,55	67,31	34,20	-
Energia bruta cal/Kg	4,31	4,12	4,33	3,87
Cálcio (%)	0,03	0,09	0,22	0,12
Fósforo (%)	0,25	0,34	1,00	0,43
Magnésio (%)	0,13	0,13	0,49	0,17
Potássio (%)	0,35	0,39	1,17	0,43
Sódio (%)	0,03	0,01	0,01	0,02
Cobre mg/Kg	3,53	5,26	18,57	21,8
Ferro g/Kg	63,28	91,10	217,55	156,4
Manganês mg/Kg	9,65	32,37	156,60	44,6
Zinco mg/Kg	23,42	64,47	162,37	64,1
Lisina (%)	0,24	0,37	0,65	0,46
Metionina (%)	0,18	0,33	0,24	0,21
Cistina (%)	0,18	0,43	0,33	-
Treonina (%)	0,32	0,38	0,53	0,42
Triptofano (%)	0,07	0,16	0,21	0,42
Fenilalanina (%)	0,42	0,59	0,63	0,55
Leucina (%)	1,09	0,84	1,02	0,89
Isoleucina (%)	0,30	0,29	0,50	0,48
Valina (%)	0,43	0,35	0,75	0,60
Histidina (%)	0,25	0,17	0,45	0,32
Arginina (%)	0,42	0,31	1,14	0,67
Tirosina (%)	0,31	0,27	0,47	-
Alanina (%)	0,66	0,72	0,82	-
Ácido aspártico (%)	0,58	0,61	1,23	-
Ácido glutâmico (%)	1,76	1,58	3,08	-
Glicina (%)	0,35	0,27	0,85	-
Prolina (%)	0,79	0,60	0,94	-
Serina (%)	0,43	0,40	0,73	-

6. FARELO DE TRIGO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

6.1. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca

No Brasil, a única alternativa para substituir o milho nas rações, com características semelhantes às do cereal, é o sorgo, que não se encontra disponível em muitas regiões, de forma que se faz necessário buscar alimentos que, mesmo com características bastante diferentes, possam substituir os grãos de milho na formulação de dietas para rebanhos leiteiros. Dentre as várias possibilidades, o farelo de trigo é mais uma alternativa interessante para substituir, pelo menos em parte, o milho em grãos das dietas de vacas em lactação (Pedroso et al., 2005).

Desta forma, a avaliação do consumo de matéria seca do farelo de trigo é relevante, já que é ele considerado um dos principais determinantes do processo produtivo. De acordo com Detmann et al. (2001), a baixa produção de bovinos nos trópicos deve-se, em grande parte, a um consumo deficiente de matéria seca. A determinação da digestibilidade também é importante, pois é reconhecidamente a primeira aproximação na obtenção das estimativas dos parâmetros do valor nutritivo dos alimentos (Correa et al., 2007).

Assim, Soares et al. (2004) substituíram o fubá de milho em 0,0, 33,0, 67,0 e 100,0% por farelo de trigo, no concentrado de vacas Holandesas, que receberam silagem de milho e produziram, em média, 20Kg de leite. Os autores verificaram que o consumo de MS expresso em kg/dia e em %PV (média de 16,80 e 3,16, respectivamente) não foi influenciado pelo aumento dos níveis de farelo de trigo das dietas. Os mesmos autores observaram um decréscimo linear da digestibilidade aparente da matéria seca, que foi justificado pelo aumento do teor de FDN da ração à medida que se elevaram os níveis de farelo de trigo.

Resultados diferentes foram encontrados por Bernard e McNeill (1991), que observaram uma redução no consumo da matéria seca quando o farelo de trigo, incluído em 22,0% da matéria seca total, substituiu frações de milho grão, silagem de milho e farelo de soja na dieta-controle de vacas Holandesas. Também se verificou uma diminuição na digestibilidade aparente da matéria seca com a inclusão do farelo. De acordo com os autores, a redução na ingestão de matéria seca ocorreu devido às diferenças na palatabilidade e à extensão de degradação da matéria seca.

Segundo Waldern e Cedeno (1970), a quantidade de farelo de trigo na ração de vacas leiteiras tem sido limitada a 25,0%, devido à perda de palatabilidade e ao menor desempenho dos animais quando esse alimento é incluído acima desse limite. Entretanto, Acedo et al. (1987) e Soares et al. (2004) incluíram 60,00 e 43,69% de farelo de trigo no concentrado, e não observaram redução no consumo de matéria seca pelos animais. De acordo com alguns autores, a peletização poderá amenizar os

problemas relacionados à perda de palatabilidade em dietas com grande quantidade de farelo de trigo.

Além de ser utilizado em rações de vacas leiteiras, o farelo de trigo pode ser empregado como substituto da forragem. Neste sentido, Depies e Armentano (1995), avaliando a substituição da silagem de alfafa por farelo de trigo, incluído em 17,0% da MS total da dieta de vacas múltiparas em lactação, não observaram diferenças no consumo de matéria seca.

Já Wagner et al. (1993), avaliando a substituição de parte da silagem de milho por farelo de trigo, incluído em 15,0% da matéria seca total da dieta de vacas holandesas, observaram um aumento no consumo de matéria seca. De acordo com os autores, esse aumento pode ter ocorrido devido ao menor tamanho de partícula e à taxa de passagem ruminal mais rápida de alguns coprodutos comparados às forragens. Além disso, deve-se considerar que o farelo de trigo pode ser um excelente suplemento, uma vez que apresenta proteína altamente degradável no rúmen, sendo utilizada com eficiência por ruminantes consumindo forragens de baixa qualidade, que normalmente são deficientes em proteína degradável no rúmen.

6.2. Produção e composição do leite

O farelo de trigo é largamente empregado na alimentação de bovinos. No entanto, ainda são escassas na literatura informações sobre seus efeitos na produção e composição do leite de vacas. Também, a diversidade de rações em que ele é incluído dificulta o agrupamento para fins de revisão de literatura (Martinez, 2008).

Soares et al. (2004) substituíram o milho em 33,0, 67,0 e 100,0% por farelo de trigo, no concentrado de vacas Holandesas, que receberam silagem de milho e produziram, em média, 20Kg de leite. A produção de leite corrigida ou não para 3,5% de gordura, os teores de proteína e de gordura e os extratos secos totais e desengordurados não foram influenciados pelos níveis de farelo de trigo. De acordo com os autores, o fubá de milho poderá ser substituído em até 100,0% pelo farelo de trigo em rações concentradas em dietas à base de silagem de milho, para vacas produzindo, em média, 20kg de leite, ou seja, a decisão da inclusão de farelo de trigo na dieta de vacas em lactação dependeria apenas de fatores econômicos.

Diferente dos resultados encontrados por Soares et al. (2004), Martinez (2008), substituindo o milho moído fino em 25,0, 50,0 e 75,0% por farelo de trigo, no concentrado padrão de vacas Holandesas, observou uma redução nas produções de leite e de proteína e um aumento do teor de N-ureico quando o farelo de trigo substituiu 75,0% de milho no concentrado. Segundo o autor, a menor produção de leite poderia ter sido causada pelo menor teor de energia do farelo de trigo comparado ao milho (NRC, 2001). Já o maior teor de N-ureico no leite seria consequência da maior degradabilidade ruminal da proteína do farelo,

verificada também neste estudo, e da menor disponibilidade de carboidrato fermentável no rúmen. No estudo com vacas mestiças (meio sangue Holandês/Jersey), os resultados obtidos por Martinez (2008) foram semelhantes aos observados por Soares et al. (2004). Os tratamentos não afetaram a produção e a composição do leite.

Acedo et al. (1987) realizaram dois experimentos em que foram utilizados 0,0, 20,0 e 40,0% e 0,0, 40,0 e 60,0% de farelo de trigo na dieta de vacas em lactação, sendo que o farelo de trigo substituiu parte do milho, sorgo e farelo de algodão. A produção de leite das vacas que receberam a dieta-controle foi semelhante à das que receberam 20,0 ou 40,0% de farelo de trigo. Já as que receberam a dieta com 60,0% de farelo de trigo tiveram uma queda na produção. O teor de gordura no leite foi semelhante em todos os grupos. Segundo os autores, a utilização de 60% do farelo para substituir alimentos de alto conteúdo energético resultaria em menor produção de leite. Entretanto, este efeito não seria esperado quando tal alimento fosse empregado em substituição a ingredientes menos energéticos.

Tal suposição foi confirmada por Depies e Armentano (1995), que examinaram o efeito da substituição parcial do milho moído e da silagem de alfafa por farelo de trigo, incluído em 17,0% na MS, e não verificaram alterações na produção e composição do leite.

Resultados semelhantes foram detectados por Mowrey et al. (1999), que, trabalhando com vacas Holandesas em lactação, avaliaram os efeitos da substituição de 30,0 ou 60,0% do feno de alfafa e 25,0 ou 50,0% do milho e do farelo de soja por uma dieta composta por casca de soja, farelo de glúten de milho e farelo de trigo. Não foram constatadas diferenças na produção e composição do leite, exceto para a dieta com 60,0% de feno de alfafa, substituída por coprodutos, que afetou negativamente a porcentagem de gordura do leite. De acordo com os autores, uma mistura de coprodutos fibrosos constitui-se uma alternativa para substituição de feno ou grãos, reduzindo os custos da dieta sem afetar a produção.

6.3. Farelo de trigo associado a silagens de gramíneas tropicais

Gramíneas tropicais apresentam um melhor valor nutritivo quando jovens, porém os baixos conteúdos de matéria seca e de carboidratos solúveis podem inviabilizar a sua utilização na fabricação de silagens.

Devido ao alto teor de umidade, a silagem de capim está sujeita a perdas por efluentes e gases. O farelo de trigo, portanto, apresenta-se como uma alternativa interessante para diminuir essas perdas, bem como para melhorar o valor nutritivo das forragens, e, diferentemente do capim emurchecido, facilita a acomodação e compactação do material ensilado (Zanine et al., 2006).

Zanine et al. (2006) avaliaram o efeito da adição de 0,0, 20,0, 40,0 e 60,0% de farelo de trigo na silagem de capim-mombaça. A adição de farelo de trigo foi suficiente para reduzir as perdas por gases e efluentes, recuperar maior quantidade de matéria seca, reduzir o pH, promover elevação do teor proteico e reduzir a fração fibrosa da silagem. Os autores concluíram que a inclusão de 20,0% de farelo é suficiente para atingir melhorias consideráveis na qualidade da silagem de capim-mombaça e, considerando-se o aspecto econômico, pode ser adotada.

Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro et al. (2008), que utilizaram 0,0%; 8,0%; 16,0%; 24,0%; e 34,0% de farelo de trigo na silagem de capim-tanzânia, cortado aos 46 dias de idade. Os autores concluíram que a adição de farelo de trigo melhorou os parâmetros químicos bromatológicos da silagem, elevando os teores de matéria seca e carboidratos não fibrosos, com redução da fração fibrosa. Esta diminuição proporcionou aumento dos valores estimados para digestibilidade e ingestão de matéria seca e, conseqüentemente, elevou o índice de valor forrageiro, que combina medidas de digestibilidade e ingestão de matéria seca. O valor estimado de nutrientes digestíveis totais e das frações energéticas também aumentou linearmente com a inclusão do farelo, fato atribuído ao elevado valor nutricional deste alimento.

Ávila et al. (2003) também trabalharam com silagem de capim-tanzânia. Os autores avaliaram três tipos de aditivos (farelo de trigo, polpa cítrica e fubá de milho) em quatro doses (3,0, 6,0, 9,0 e 12,0%). A utilização dos aditivos, assim como nos demais trabalhos, melhorou as características fermentativas das silagens de capim-tanzânia.

6.4. Fatores antinutricionais

Os polissacarídeos não amídicos são elementos de alto peso molecular, formados por unidades de monossacarídeos e classificados como solúveis e insolúveis. As atividades antinutricionais de tais elementos são atribuídas principalmente à presença dos polissacarídeos solúveis, que apresentam capacidade de formar solução homogênea com a água, produzindo soluções viscosas. Nos cereais, predominaram as arabinoxilanas e as β -glicanas, sendo que, no trigo, as β -glicanas estão em maior concentração.

As β -glicanas irão interferir na absorção de alguns nutrientes, devido ao aumento da viscosidade. De acordo com Lima e Viola (2001), a viscosidade pode dificultar a difusão e o transporte da lipase, de óleos e das micelas de sais biliares dentro do conteúdo do trato gastrointestinal. Somando-se a isto, a viscosidade pode reduzir a intensidade de contato entre os nutrientes e as secreções digestivas e reduzir ou dificultar o transporte até a superfície do epitélio. Estas alterações são relatadas principalmente em monogástricos, havendo

uma carência de informações sobre os efeitos dessas substâncias na dieta de ruminantes.

7. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. O Brasil destaca-se como único país não asiático entre os 10 maiores produtores. Cerca de 70,0% da sua produção está concentrada na região Sul, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul, principal produtor nacional. De acordo com estimativas feitas pela Conab, a produção de arroz na safra de 2008-2009 será 5,1% superior à safra 2007-2008. Isto se deve à expansão da área plantada em 1,9% e da produtividade média nacional em 3,1%.

Esse cereal desempenha papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social. É um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico. É considerado o cultivo alimentar de maior importância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania, onde vivem 70,0% da população total dos países em desenvolvimento e cerca de dois terços da população subnutrida mundial. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população (Alonço et al., 2005).

A maior parte do arroz, que passa por uma série de processos até a obtenção do grão amiláceo ou arroz branco, é destinada ao consumo humano. Durante esse beneficiamento, obtêm-se coprodutos que podem ser destinados à alimentação animal.

8. COPRODUTOS DO BENEFICIAMENTO DO ARROZ

Dentre os coprodutos do beneficiamento do arroz, há o farelo de arroz integral, farelo desengordurado, farelo de arroz parboilizado, brunido, entre outros, cujas definições serão mencionadas a seguir.

8.1. Farelo de arroz integral (FAI)

Coproducto do beneficiamento do arroz, obtido após a descascagem do grão, composto pelo pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen.

8.2. Farelo de arroz desengordurado

Coproducto obtido a partir da extração do óleo do farelo de arroz integral.

8.3. Farelo de arroz parboilizado

Arroz que, após a colheita, é embebido em água quente durante um período preestabelecido e depois sofre um aquecimento brusco visando gelatinizar o amido contido no grão (Wascheck, 2005).

8.4. Brunido

Constituído pela parte amilácea interna e a camada de aleurona, que são removidas ao final do estágio de beneficiamento do grão. De acordo com Prates (1993), a falta de uniformidade na composição química do brunido, devido principalmente a diferenciações no processo de beneficiamento, não permite a separação eficaz entre o farelo e o brunido. Sendo assim, a maioria do farelo de arroz comercializado no Brasil está misturada com o brunido.

9. ESTRUTURA DO GRÃO DE ARROZ

O grão de arroz consiste da cariopse e de uma camada protetora, a casca. A casca, composta de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, corresponde a cerca de 20,0% do peso do grão. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona, que representam 5,0-8,0% da massa do arroz integral. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona (corpos proteicos) e os corpos lipídicos. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios e representa 2,0-3,0% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89,0-94,0% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos proteicos (Juliano e Bechtel, 1985, citados por Walter et al., 2008).

Por meio da descascagem, separa-se a casca da cariopse, obtendo-se o arroz integral. Este pode ser polido para remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5-14,8% do arroz integral (Juliano e Bechtel, 1985, citados por Walter et al., 2008), obtendo-se o arroz branco polido (arroz brunido). Cerca de 20,0% do arroz branco polido são constituídos de grãos quebrados, representados por quebrados médios, quebrados grandes e quireras.

10. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A Tabela 4 demonstra a composição química dos diferentes coprodutos obtidos a partir do beneficiamento do arroz.

Tabela 4. Composição química do farelo de arroz integral, farelo de arroz desengordurado e farelo de arroz parboilizado.

Nutriente	Farelo de arroz integral	Farelo de arroz desengordurado	Farelo de arroz parboilizado
Matéria seca (%)	88,71	89,40	91,18
Proteína bruta (%)	13,95	17,53	16,24
Extrato etéreo (%)	16,14	2,23	24,25
Matéria mineral (%)	8,48	10,26	-
Fibra bruta (%)	9,25	10,80	-
Fibra em detergente neutro (%)	24,11	25,48	40,76
Fibra em detergente ácido (%)	14,06	14,27	19,74
Lignina (%)	5,22	4,31	9,66
NDT (%)	83,64	-	-
Amido (%)	17,60	-	-
Energia bruta (cal/Kg)	4,80	4,20	-
Cálcio (%)	0,12	0,10	-
Fósforo (%)	1,65	1,68	0,09
Magnésio (%)	0,90	1,18	0,79
Potássio (%)	1,32	1,89	0,91
Sódio (%)	0,05	0,08	0,09
Cobre mg/Kg	16,09	9,11	10,88
Ferro (g/Kg)	82,61	203,46	81,03
Manganês (mg/Kg)	241,03	452,66	454,97
Zinco (mg/Kg)	71,01	114,07	143,82
Lisina (%)	0,51	0,71	-
Metionina (%)	0,21	0,36	-
Cistina (%)	0,22	1,06	-
Treonina (%)	0,45	0,56	-
Triptofano (%)	0,06	0,20	-
Fenilalanina (%)	0,54	0,40	-
Leucina (%)	0,75	0,57	-
Isoleucina (%)	0,44	0,44	-
Valina (%)	0,63	0,63	-
Histidina (%)	-	0,42	-
Arginina (%)	0,82	1,18	-
Tirosina (%)	0,45	0,43	-
Alanina (%)	0,61	1,04	-
Ácido aspártico (%)	1,09	1,38	-
Ácido glutâmico (%)	1,75	1,51	-
Glicina (%)	0,47	0,80	-
Prolina (%)	0,49	0,70	-
Serina (%)	0,39	0,82	-

Fonte: Adaptado de Valadares Filho et al. (2006).

11. ENERGIA E PROTEÍNA

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Além do amido, que corresponde a aproximadamente 90,0% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibra. O amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. As proporções em que estas cadeias aparecem diferem entre genótipos, podendo-se classificar os grãos como ceroso (1,0-2,0% de amilose), conteúdo de amilose muito baixo (2,0-12,0%), baixo (12,0-20,0%), intermediário (20,0-25,0%) e alto (25,0-33,0%) (Juliano, 1993).

Enquanto o endosperma é composto principalmente por amido, o farelo e o gérmen apresentam principalmente fibra, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (Juliano, 1993).

No farelo de arroz, ocorrem grandes variações na composição química, geralmente relacionadas à adição de cascas. Este é o tipo de adulteração mais frequente, responsável pela elevação dos teores de sílica, lignina e fibra bruta e conseqüente comprometimento do valor nutritivo do farelo de arroz. Portanto, é recomendável a análise laboratorial dos alimentos, especialmente dos coprodutos, antes da sua inclusão nas dietas dos animais.

O farelo de arroz integral é considerado um alimento energético, sendo que a maior parte dessa energia advém dos altos conteúdos de gordura, componente de maior densidade energética que os carboidratos. O amido, que parece ter baixa degradabilidade ruminal e está presente em baixas quantidades, representa a maior parte dos carboidratos não estruturais.

O alto conteúdo de óleo pode ser um fator limitante para utilização do farelo de arroz integral, devido aos riscos de rancificação oxidativa. Este processo compromete o valor nutritivo dos alimentos, devido à destruição de compostos como vitamina A, E, biotina, metionina, entre outros. Estes problemas podem ser resolvidos pela aplicação de calor com umidade seguida de secagem. No entanto, tal técnica apresenta alto custo, inviabilizando a sua aplicação em escala comercial. Outra forma de contornar o problema da rancificação seria a extração do óleo do farelo, obtendo-se o produto conhecido como farelo de arroz desengordurado.

O farelo de arroz desengordurado (FAD) pode ser armazenado por mais tempo que o farelo de arroz integral (FAI), já que não apresenta risco de rancificação. O teor proteico do FAD é superior ao do FAI em função da concentração dos nutrientes, provocada pela extração do óleo. Ambos os farelos apresentam baixa degradabilidade ruminal da proteína, sendo digerida em grande parte no intestino e no abomaso.

As proteínas podem ser classificadas em albumina, globulina, prolamina e glutelina. No endosperma, a glutelina forma a principal fração, correspondendo a aproximadamente 80,0% das proteínas, com menor concentração de albumina e globulina (15,0%) e prolamina (5,0-8,0%). Já o farelo apresenta aproximadamente

60,0% de albumina, seguido por prolamina e glutelina (27,0%) e globulina (7,0%) (Juliano, 1993). Portanto, a composição em proteínas do endosperma difere do farelo. A qualidade da proteína depende de seu conteúdo em aminoácidos. Similar a outros cereais, o arroz apresenta a lisina como aminoácido limitante. Entretanto, entre os cereais, o arroz apresenta uma das maiores concentrações de lisina, resultando em balanço de aminoácidos mais completo (Juliano, 1993).

12. VITAMINAS E MINERAIS

O arroz contém principalmente vitaminas do complexo B e α -tocoferol (vitamina E), com concentrações insignificantes das vitaminas A, D e C. A concentração é maior nas camadas externas do grão, sendo que, para tiamina, riboflavina, niacina e α -tocoferol, aproximadamente 78,0, 47,0, 67,0 e 95,0%, respectivamente, estão presentes no farelo (Juliano, 1993).

Da mesma forma, os minerais também apresentam-se em maior concentração nas camadas externas do grão. Cerca de 72,0% dos minerais encontram-se no farelo, e o restante, 28,0%, no grão polido. Em relação à composição mineral, deve-se ficar atento aos conteúdos de ácido fítico que é uma forma de armazenamento de fósforo, constituindo aproximadamente 70,0% do conteúdo desse mineral em sementes. O teor é maior nas camadas externas do grão (aproximadamente 88,0%), estando associado principalmente à camada de aleurona (Walter et al., 2008). Devido à sua capacidade quelante, o ácido fítico está relacionado à menor absorção de minerais como cálcio, fósforo e zinco, podendo provocar deficiência desses minerais.

13. FARELO DE ARROZ NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

O farelo de arroz integral pode ser utilizado como fonte de gordura na dieta de vacas em lactação. Além da possibilidade de aumentar a produção de leite por vaca, a suplementação com gordura é interessante, especialmente durante a fase inicial de lactação. Nesta fase, existe uma necessidade de aumentar a concentração energética da dieta, pois o consumo de matéria seca não é suficiente para atender às exigências de produção dos animais, que se encontram em balanço energético negativo.

Apesar dos benefícios citados, a adição de gordura deve ser limitada, pois seu excesso poderá interferir na digestibilidade de alguns nutrientes, especialmente da fibra, comprometendo o desempenho animal. Portanto, segundo Nörnberg et al. (2004), uma fonte ideal de gordura para vacas em lactação seria aquela que não interferisse na digestibilidade dos demais nutrientes, mas que apresentasse elevada digestibilidade intestinal. De acordo com Palmquist (1991), as gorduras insaturadas e os ácidos graxos de cadeia curta apresentam mais efeitos que as saturadas, enquanto os sais cálcicos de ácidos graxos (gordura protegida) apresentam efeitos mínimos sobre a fermentação ruminal. No entanto, o emprego de gordura protegida tem sido restrito em função de seu elevado preço.

Nörnberg et al. (2004), trabalhando com vacas Jersey no início da lactação, avaliaram a possibilidade de utilização do farelo de arroz integral como fonte de gordura, associado a óleo de arroz e a sebo bovino. De acordo com os autores, os efeitos negativos do farelo de arroz poderiam ser atenuados ou mesmo neutralizados associando-se a gordura deste coproduto com outra fonte de gordura, seja para atingir o nível almejado de gordura na dieta seja para reduzir o seu grau de insaturação. Os autores concluíram que o farelo de arroz integral, tanto associado a óleo quanto ao sebo, acusou resultados semelhantes à gordura protegida, sem afetar a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e de carboidratos não fibrosos da dieta, apresentando elevada digestibilidade da fração lipídica. Ainda segundo os autores, o farelo de arroz integral pode ser usado como fonte alternativa de gordura, totalizando 6,0% de gordura bruta em dietas de vacas leiteiras de alto mérito genético no início da lactação.

Os resultados deste estudo foram semelhantes aos encontrados por Wascheck et al. (2008), que trabalharam com vacas Holandesas com média de produção de 20kg e avaliaram três tipos de dietas: dieta com 100,0% de fubá de milho (FM), dieta com 50,0% de fubá de milho e 50,0% de farelo de arroz parboilizado (MA) e dieta com 20,7% de fubá de milho e 79,3% de arroz parboilizado (FA). Ao substituírem o milho por farelo de arroz parboilizado em até 79,3% na dieta de vacas leiteiras, não observaram alterações na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Os níveis de gordura na matéria seca total atingiram 7,5% nos tratamentos em que foi empregado farelo de arroz parboilizado (MA e FA). Tais tratamentos apresentaram maior digestibilidade do extrato etéreo quando comparados à dieta-controle (FM), com 4,0% de gordura. Os autores justificaram esta maior digestibilidade devido ao aumento da proporcionalidade de bactérias lipolíticas no rúmen, em função da maior disponibilidade desse nutriente e do maior desenvolvimento das micelas no intestino. Não foram verificadas alterações no consumo de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e amido com a inclusão do coproduto.

Wascheck (2004) não observou efeito do tratamento sobre a produção de leite e de leite corrigido para 4,0% de gordura. Já a porcentagem de proteína do leite foi reduzida com a inclusão do farelo de arroz parboilizado, mas, devido ao ligeiro aumento nas produções de leite corrigidas dos tratamentos MA e FA, a produção de proteína/Kg/dia não diferiu entre os tratamentos.

O uso de alguns tipos de gorduras suplementares tem aumentado a produção e a porcentagem de gordura do leite, mas, ao mesmo tempo, tem diminuído a porcentagem de proteína. Quando há substituição de carboidratos disponíveis no rúmen pelo lipídio, esse tem efeito tóxico sobre os microrganismos do rúmen, causando redução no crescimento microbiano e efeito sobre o transporte de aminoácidos na glândula mamária (Santos et al., 2001). De acordo com Palmquist e Moser (1981), a utilização de gordura suplementar reduz a síntese de proteína do leite, devido à indução da resistência à insulina, hormônio responsável pela estimulação do transporte de aminoácidos para o interior da glândula mamária. Outro fator a ser

considerado é a possibilidade de comprometimento da síntese de proteína microbiana com a substituição de um alimento com alto conteúdo de carboidratos pela adição de gordura. Isto pode ocorrer, pois microrganismos ruminais não utilizam gordura como fonte de energia.

Apesar dos efeitos adversos, o farelo de arroz é um coproduto de grande potencial na nutrição de ruminantes devido à possibilidade de fornecer proteína e amido sobrepassante, o que é interessante em dietas compostas por volumosos de baixa qualidade. Segundo Ospina et al. (1996), a suplementação estratégica de volumosos de baixa qualidade com subprodutos do beneficiamento de grãos (milho, soja, arroz) tem se revelado como uma metodologia viável para aumentar a eficiência de utilização destes volumosos. Estes suplementos teriam pouco efeito sobre a distensão ruminal, mantendo ou aumentando o consumo da dieta basal, e equilibrariam os nutrientes essenciais para o animal.

Neste sentido, alguns experimentos foram desenvolvidos, avaliando a adição de farelo de arroz em dietas com cana-de-açúcar aditivada com ureia. Preston e Leng (1978), citados por Prates (1993), observaram que a cana-de-açúcar aditivada com ureia, minerais e vitaminas proporcionou melhor desempenho em bovinos quando houve suplementação com FAI. Cerca de 100 gramas adicionais de ganho diário foram obtidos para cada 100 gramas adicionais de FAI (aumento linear). A principal teoria para explicar tal resultado seria a capacidade do farelo em prover os precursores glucogênicos que parecem ser de muita importância como fatores limitantes em dietas de cana-de-açúcar (Prates, 1993).

14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise laboratorial dos coprodutos antes da incorporação à dieta é fundamental, devido às possibilidades de grandes variações na composição química.

O farelo de arroz e o farelo de trigo podem ser utilizados na alimentação de vacas leiteiras substituindo parte do volumoso ou do concentrado. Os limites de inclusão do farelo de trigo nas dietas de gado leiteiro ainda não estão bem definidos.

Deve-se ficar atento aos níveis de inclusão do farelo de arroz na alimentação de vacas leiteiras. O teor de lipídios na MS total deverá permanecer entre 5 e 7%.

A inclusão de farelo de trigo em silagens de gramíneas tropicais surge como alternativa na melhoria dos padrões fermentativos das silagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEDO, C.; BUSH, L.J.; ADAMS, G.D. Responses of dairy cows to different amounts of wheat middlings in the concentrate mixture. *J. Cereal Sci.*, v.70, p.635-638, 1987.

ALONÇO, A.S.; SANTOS, A.B.; GOMES, A.S. et al. Cultivo do arroz irrigado no Brasil. Importância econômica, agrícola e alimentar do arroz. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.ht>. Acessado em: 05 abr. 2009.

ANUALPEC: Anuário da Pecuária Brasileira. 14.ed. São Paulo: Instituto FNP, 2007. 368p.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. et al. Perfil de fermentação das silagens de capim-Tanzânia com aditivos: teores de nitrogênio amoniacal e pH. *Ciênc. Agrotecnol.*, v.27, p.1144- 1151, 2003.

BEAUGRAND, J.; CRÔNIER, D.; DEBEIRE, P. et al. Arabinoxylan and hydroxycinnamate content of wheat bran in relation to endoxylanase susceptibility. *J. Cereal Sci.*, v.40, p.223-230, 2004.

BERNARD, J.K.; MCNEILL, W.W. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.991-995, 1991.

CAMPOS, O.F.; LIZIEIRE, R.S.; DAYRELL, M.S. et al. *Características e composição de alguns alimentos concentrados utilizados na alimentação de vacas de leite*. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1995. 29p. (Circular técnica, 38).

COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal. São Paulo: Sindirações/Anfal. Campinas CBNA/SDR/MA. 1998. 371p.

CORREA, R.A.; SILVA, L.D.F.; BETT, V. et al. Consumo e digestibilidade aparente de alguns componentes nutritivos da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. *Semina Ciênc Agrar*, v.28, p.151-158, 2007.

DEPIES, K.K.; ARMENTANO, L.E. Partial replacement of alfafa fiber with fiber from ground corn cobs or wheat middlings. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1328-1335, 1995.

DETMANN, E.; PAULINO, M.P.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1600-1609, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção de leite (Zona da Mata Atlântica): Importância econômica. Janeiro de 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/index.htm>. Acessado em: 12 mar. 2009.

JULIANO, B.O. *Rice in human nutrition*. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acessado em: 10 abr. 2009.

LIMA, G.J.; VIOLA, E.S. Ingredientes energéticos: Trigo e triticale na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: CBNA; 2001. p.33-77.

MARTINEZ, J.C. *Avaliação de coprodutos na alimentação de vacas leiteiras mantidas em pastagens tropicais durante a estação chuvosa e alimentadas no cocho durante a estação seca do ano*. 2008. 350f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111139/tde-23092008-162403/>. Acessado em: 12 mar. 2009.

MIRANDA, M.Z. *Trigo: Germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral extrusada de trigo germinado*. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006. 12p. (Documentos Online, 74). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do74.htm. Acessado em: 12 mar. 2009.

MOWREY, A.; ELERSIECK, M.R.; SPAIN, J.N. Effect of fibrous by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.82, p.2709-2715, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NÖRNBERG, J.L.; STUMPF Jr, W.; LÓPEZ, J. et al. Valor do farelo de arroz integral como fonte de gordura na dieta de vacas Jersey na fase inicial de lactação: digestibilidade aparente de nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.2412-2421, 2004.

OSPINA, H.; PRATES, E.R.; PIRES, F.F. et al. Utilização de farelo de arroz desengordurado como suplemento de volumosos de baixa qualidade. *Rev. Fac. Zootec. Vet. Agron.*,v.2/3, p.118-127, 1995/1996.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1351-1360, 1991.

PALMQUIST, D.L.; MOSER, E.A. Dietary fat effects on blood insulin glucose utilization and milk protein content of lactating cows. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.1664-1670, 1981.

PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; IMAIZUMI, H. Farelo de trigo pode substituir parte do milho no concentrado de vacas em lactação. 2005. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/?noticialID=24908&actA=7&arealID=61&secaoID=176>. Acessado em: 22 mar. 2009.

PRATES, E.R. Farelo de arroz e resíduos de pré-limpeza de arroz na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA, 1993, São Carlos, SP. São Carlos, SP: EMBRAPA, 1993. p.123-135.

RIBEIRO, R.D.X.; OLIVEIRA, R.L.; BAGALDO, A.R. et al. Capim-tanzânia ensilado com níveis de farelo de trigo. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.9, p.631-640, 2008.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)* 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.

SANTOS, F.L.; LANA, R.P.; SILVA, M.T.C. et al. Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1376-1380, 2001.

SOARES, C.A.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, supl.2, p.2161-2169, 2004.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

WAGNER, K.M.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. et al. Replacement and calcium for lactating of corn silage with wheat middlings chloride or sodium bicarbonate dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.564-574, 1993.

WALDERN, D.E.; CEDENO, G. Comparative acceptability and nutritive value of barley, wheat mixed feed, and a mixed concentrate ration in meal and pelleted form for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.53, p.317-323, 1970.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: Composição e características nutricionais. *Ciênc. Rural*, v.38, p.1184-1192, 2008.

WASCHECK, R.C. *Potencial do farelo de arroz na alimentação de vacas leiteiras: Estudos in vivo, in situ, in vitro*. 2005. 125f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

WASCHECK, R.C.; REZENDE, P.L.; MOREIRA, P.C. et al. Substituição do milho grão triturado por farelo de arroz parboilizado na dieta de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.9, p.867-873, 2008.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.D.; FERREIRA, D.J. et al. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica da silagem de capim-mombaça. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.53, p.803-809, 2006.

ZARDO, A.O.; LIMA, G.J.M.M. Alimentos para suínos. *Bol. Inf. BIPERS*, v.8, n.12, p.7-71, 1999.

CAPÍTULO 19

BATATA-DOCE NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Isabela Rocha França Machado Veiga*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*²,
*Flávia Cardoso Lacerda Lobato*³, *Wilson Gonçalves de Faria Jr.*⁴

RESUMO

Apesar de sua grande importância social, a batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) não é um alimento muito estudado no Brasil. É uma cultura originária das Américas, que possui grande variedade de cultivares no país e um grande potencial de uso. O objetivo deste capítulo é descrever esse alimento, demonstrando a possibilidade de utilização devido às suas características agrônomicas e produtivas, ao seu valor nutricional e ao seu uso na alimentação animal. Por ser uma raiz tuberosa de armazenamento, possui bom valor energético e pode ser utilizada em dietas de vacas leiteiras com resultados satisfatórios. A parte aérea (ramas) pode ser utilizada como fonte proteica.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) é um alimento de importância social e econômica, principalmente para as regiões menos desenvolvidas, onde se constitui uma das mais importantes fontes de alimento. Com exceção do nome, a batata-doce não tem relação com a batata inglesa. Esta é um membro da família *Solanaceae*, que também inclui tomates, enquanto a batata-doce pertence à família *Convolvulaceae*. Diferentemente da batata inglesa, que é um tubérculo ou caule suculento, a batata-doce é uma raiz tuberosa de armazenamento (Centro Internacional de la Papa - CIP, 2009).

Destaca-se das demais culturas por apresentar alto rendimento por hectare e elevado valor energético, além de conter ferro, cálcio e fósforo e ser rica em vitaminas A, B e C. Pode produzir mais energia comestível por hectare que o trigo, arroz ou mandioca. Possui uma variedade de usos desde o consumo de raízes ou folhas frescas até alimentos processados como amido, farinha, doces e álcool (CIP, 2009). Outro destino possível é a produção de biocombustível, não muito comum no Brasil, uma vez que são utilizadas outras matérias-primas mais econômicas (Momenté et al., 2004).

¹ Médica Veterinária, MSc., Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. lobato.fafa@gmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. wilsonvet2002@gmail.com

É uma das culturas mais importantes no mundo, sendo produzida principalmente na Ásia (China: 107.176 mil toneladas – Food and Agriculture Organization - FAO, 2005), onde quase a metade da produção é utilizada na alimentação animal, e na África (Uganda: 2.650 mil toneladas - FAO, 2005), onde é utilizada quase totalmente para alimentação humana (CIP, 2009). O Brasil é o décimo sétimo país no *ranking* de produção com 500 mil toneladas (FAO, 2005). Esta cultura está presente em todas as regiões brasileiras, mas no Nordeste assume alta importância social, principalmente por constituir uma fonte de alimento energético, além de contribuir para a geração de emprego e renda, garantindo a fixação da mão de obra no campo (Miranda, 2003).

1. ORIGEM E PRODUTIVIDADE

A batata-doce é uma espécie dicotiledônea pertencente à família botânica *Convolvulaceae*, que agrupa aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies, sendo somente a batata-doce de cultivo com expressão econômica (Miranda, 2003). O exato local do continente onde é originada a batata-doce ainda é indeterminado. Alguns pesquisadores apontam a América Central e outros a América do Sul (CIP, 2009). A maior parte das evidências indica a faixa contida entre o México e o norte da América do Sul como a mais provável região de origem (Ritschel et al., 2007). Pode ser encontrada desde a Península de Yucatan, no México, até a Colômbia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2009). Em outras regiões, a cultura se desenvolveu separadamente de seus ancestrais americanos, como Ásia e Papua Nova Guiné (CIP, 2009).

Devido a sua ampla adaptação, é cultivada entre 40° de latitude Norte e 40° de latitude Sul, principalmente em regiões tropicais (CIP, 1998). O cultivo está presente em todo o Brasil, normalmente em caráter de subsistência, com destaque para regiões Sul e Nordeste (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2007). Isto se deve principalmente à sua rusticidade, tolerância à seca e à baixa fertilidade do solo, necessitando de poucos tratos culturais e dispensando o uso de tecnologia agrícola mais avançada, o que torna o seu custo de produção inferior ao de outras culturas, como a batata-inglesa e a mandioca (CIP, 2009).

A produtividade média brasileira de 11,2 toneladas por hectare está abaixo da produção média mundial de 15 toneladas por hectare. A baixa produtividade está muito aquém do real potencial da cultura, que pode atingir mais de 40 toneladas por hectare (Miranda et al., 1984; EMBRAPA, 2006). Um dos motivos da baixa produtividade é a utilização de cultivares de baixo potencial produtivo e mais suscetíveis às pragas. Além disso, o nível de tecnologia empregado pela maioria dos produtores é bem menor que o desejável.

Massaroto (2008), trabalhando com 20 acessos de batata-doce originários do programa de melhoramento genético vegetal do estado do Tocantins e cinco cultivares comerciais, encontrou uma produtividade de raízes variando de 5,3 (acesso UFT-10-AL) a 26,6 toneladas por hectare (cultivar Palmas). A produtividade de matéria seca da

parte aérea variou de 0,8 (acesso UFT-58) a 7,2 toneladas por hectare (acesso UFT-48), com uma variação de teor de matéria seca de 11,5% (acesso UFT-22) a 17,5% (acesso UFT-112).

2. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E CONDIÇÕES DE CULTIVO

A batata-doce possui caule herbáceo de hábito prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis; folhas largas, com formato, cor e recortes variáveis; pecíolo longo; flores hermafroditas e de fecundação cruzada, devido à sua autoincompatibilidade; frutos do tipo cápsula deiscente contendo duas, três ou quatro sementes com 6mm de diâmetro e cor castanho-clara (Edmond e Ammerman, 1971).

O principal produto comercial é a raiz tuberosa, amplamente utilizada na alimentação humana. Possui também a raiz absorvente, responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo. As raízes tuberosas são também denominadas de batatas e revestidas por uma pele fina, formada por poucas camadas de células: uma camada de aproximadamente 2mm denominada de casca, e a parte central denominada de polpa ou carne. A pele se destaca facilmente da casca, mas a divisão entre a casca e a polpa nem sempre é nítida e facilmente separável, dependendo da variedade, do estágio vegetativo da planta e do tempo de armazenamento.

A batata-doce se desenvolve melhor em locais ou épocas em que a temperatura média é superior a 24°C; em temperaturas inferiores a 10°C, o crescimento da planta é severamente retardado. A cultura não suporta geada, mas pode ser cultivada em regiões temperadas, nos períodos da primavera e verão, quando a temperatura é elevada e a alta radiação solar favorece o desenvolvimento da cultura. Quanto ao regime pluvial, a cultura deve ser implantada em locais com pluviosidade anual média de 750 a 1000mm, sendo que cerca de 500mm são necessários durante a fase de crescimento.

O solo deve ser preferencialmente arenoso, bem drenado, sem presença de alumínio tóxico, com pH ligeiramente ácido e com alta fertilidade natural. Solos arenosos facilitam o crescimento lateral das raízes, evitando a formação de batatas tortas ou dobradas. Além disso, facilitam a colheita, permitindo o arranquio das batatas com menor índice de danos e menor esforço físico. Solos ácidos, com pH entre 4,5 e 5,5 resultam em menor ocorrência de sarna, que é uma bacteriose causada por *Streptomyces* spp. Entretanto, solos muito ácidos, geralmente, têm níveis elevados de alumínio solúvel, o que é prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Por isso, uma análise química do solo deve indicar ou não a necessidade de correção da acidez, que deve ser realizada com calcário dolomítico.

O caule, mais conhecido como rama, pode ser segmentado e utilizado como rama-semente para formação de lavoura. As ramas-semente têm capacidade de emitir raízes em tempo relativamente curto, que pode variar de três a cinco dias,

dependendo da temperatura e da idade do tecido. O enraizamento é mais rápido em condições de temperatura elevada e em ramas recentemente formadas.

As principais pragas são a broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus*, Coleoptera, Curculionidae) e a broca-das-hastes (*Megastes pusialis*, Lepidoptera, Pyralidae). Estas ocorrem com maior frequência e geralmente causam danos severos, se não forem tomadas medidas de controle.

Não existe um ponto específico de colheita das raízes da batata-doce. O momento de colheita é definido pelo tamanho ou peso das raízes, que devem ter aproximadamente 300g. A colheita pode ser antecipada ou retardada, dependendo da oportunidade de comercialização e uso. Em condições ideais de cultivo, a colheita pode se iniciar aos 90 dias, mas, em geral, ocorre entre 120 e 150 dias. A antecipação geralmente corresponde a uma menor produtividade, devido à colheita de raízes de menor tamanho. A prorrogação do ciclo pode implicar maiores danos por permitir maior número de ciclos das pragas, além de se formarem raízes grandes e frequentemente mais defeituosas.

A colheita sempre envolve muita mão de obra, mesmo quando algumas etapas são mecanizadas. A mecanização simples consiste em revolver a leira para expor as raízes. Para isso, podem ser utilizados diversos equipamentos que executam o corte do solo ao lado das leiras ou abaixo delas. Geralmente são equipamentos semelhantes aos arados modificados para facilitar a separação do solo, tendo à frente um disco vertical para cortar as ramas. Outra opção consiste em passar uma lâmina abaixo da zona de crescimento das raízes ou utilizar a colheitadeira de batatas (EMBRAPA, 2009).

3. VALOR NUTRICIONAL

A batata-doce é um alimento principalmente energético. Apresenta cerca de 30,0% de matéria seca na colheita, contendo em média 85,0% de carboidratos, cujo componente principal é o amido. Durante o armazenamento, parte do amido se converte em açúcares solúveis, atingindo de 13,4 a 29,2% de amido e de 4,8 a 7,8% de açúcares totais redutores (Miranda et al., 1995).

O valor nutricional das raízes da batata-doce (Tabelas 1 e 2) é semelhante ao da mandioca e da batata. Contudo, pode superar em algumas características, como o teor de betacaroteno, em virtude de cultivares com coloração amarela ou alaranjada, que apresentam raízes muito ricas em vitamina A (Hagenimana et al., 1998). As raízes de batata-doce desidratadas (chamadas de raspas) também são utilizadas na alimentação animal, e seu valor nutritivo está descrito na Tabela 3. A farinha de batata-doce, mais utilizada na alimentação de monogástricos, tem seu valor descrito na Tabela 4.

Tabela 1. Composição média de 100g de matéria fresca de raízes de batata-doce e mandioca e tubérculo de batata.

Componente	Quantidade		
	Batata-doce	Mandioca	Batata
Umidade (%)	70,0	63,0	78,0
Glicídios (g) (Franco, 2005)	27,9	28,9	19,1
Carboidratos totais (g)	26,1	32,4	18,5
Proteína (g)	1,5	1,0	2,1
Lipídios (g)	0,3	0,3	0,1
Cálcio (mg)	32,0	39,0	9,0
Fósforo (mg)	39,0	41,0	50,0
Ferro (mg)	0,7	1,1	0,8
Fibras digeríveis (g)	3,9	4,4	2,1
Energia (kcal)	111,0	141,0	80,0

Fonte: Woolfe (1992).

Tabela 2. Composição química de 100g de raiz de batata-doce crua.

Componente	Quantidade
Água (g)	72,8
Calorias (kcal)	102,0
Fibras digeríveis (g)	1,1
Potássio (mg)	295,0
Sódio (mg)	43,0
Magnésio (mg)	10,0
Manganês (mg)	0,35
Zinco (mg)	0,28
Cobre (mg)	0,2
Vitamina A – retinol (mg)	300,0
Vitamina B – tiamina (mg)	96,0
Vitamina B2 – riboflavina (mg)	55,0
Vitamina C – ácido ascórbico (mg)	30,0
Vitamina B5 – niacina (mg)	0,5

Fonte: Luengo et al. (2000).

Tabela 3. Composição química das raízes de batata-doce desidratadas.

Componente	Rusoff et al. (1947)	Valadares Filho et al. (2002)
Matéria seca (%)	85,35 – 92,70	89,68
Proteína (%)	4,17 – 5,39	4,03
Gordura (%)	0,55 – 1,47	1,15
Fibra (%)	1,67 – 4,78	
NDT (%)	71,78 – 81,06	
Carboidratos totais (%)		92,55

Fonte: Rusoff et al. (1947); Valadares Filho et al. (2002).

Tabela 4. Composição química da farinha de batata-doce.

Componente	Quantidade
Matéria seca (%)	89,43
Proteína bruta (%)	4,44
Gordura (%)	1,11
Fibra (%)	2,58
Energia bruta (Kcal/Kg)	3.875

Fonte: Rostagno et al. (2000).

As folhas são excelente fonte de glicídios, cálcio, fósforo e ferro, além de vitamina A e vitamina C (Xiaoding, 1995). Por unidade calórica, as folhas de batata-doce superam até o feijão, uma das principais fontes proteicas utilizadas para consumo humano no Brasil. Seu valor alimentício é semelhante ao das folhas de mandioca (Tabela 5), mas com a vantagem de não possuir princípios tóxicos (compostos cianogênicos), não exigindo, portanto, detoxificação prévia antes do uso. O uso de brotações de batata-doce como hortaliça verde tem sido também prioridade de pesquisa em países asiáticos (Xiaoding, 1995).

A rama de batata-doce é constituída das folhas e caules, sendo um material rico em proteína bruta (15,58%) (Valadares Filho et al., 2002).

Massaroto (2008), trabalhando com silagens da parte aérea de 20 acessos oriundos do programa de melhoramento vegetal do estado do Tocantins e cinco cultivares comerciais de batata-doce, encontrou as variações na composição química desse alimento apresentadas na Tabela 6. Os valores de pH determinados estão dentro dos valores padrões para silagem de boa a média qualidade de 3,8 a 4,5 (Tomich et al., 2003).

Tabela 5. Composição média de 100g das folhas frescas de batata-doce, folhas secas de mandioca e feijão preto cru.

Componente	Quantidade		
	Batata-doce	Mandioca	Feijão preto
Calorias	49,0	91,0	343,6
Glicídios (g)	10,2	18,3	62,4
Proteína (g)	4,6	7,0	20,7
Lipídios (g)	0,2	1,0	1,3
Cálcio (mg)	158,0	303,0	145,0
Fósforo (mg)	84,0	119,0	471,0
Ferro (mg)	6,2	7,6	4,3
Proteína (g/100 cal)	9,4	7,7	6,0

Fonte: Adaptado de Franco (2005).

Tabela 6. Variação da composição química das silagens da parte aérea de 20 acessos e cinco cultivares comerciais de batata-doce.

Nutrientes	Valores
Proteína bruta (%da MS)	9,6 – 13,2
Fibra em detergente neutro (% da MS)	37,9 – 58,2
Etrato etéreo (% da MS)	6,1 – 11,2
Matéria mineral (% da MS)	12,6 – 17,6
Matéria seca (%)	16,0 – 26,3

Fonte: Massaroto (2008)

4. BATATA-DOCE NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A batata-doce pode ser utilizada para alimentação de várias espécies animais, como suínos e bovinos (Barrera, 1989). Pode ser integralmente aproveitada para este fim, no entanto a maioria dos países que pratica a utilização na alimentação animal aproveita as raízes com padrão comercial para consumo humano, e as raízes deformadas ou com qualquer outro defeito que inviabilize a sua comercialização ou consumo pelo ser humano são destinadas aos animais, bem como as ramas. Folhas e brotos podem ser consumidos por aves e peixes (Silva et al., 2004).

Cerca de 43% da produção mundial de batata-doce (50 milhões de toneladas) são utilizadas para a alimentação animal (CIP, 1998). Em países como China (Scott, 1991), Vietnã, Indonésia, Filipinas, Papua Nova Guiné e Uganda (Peters et al., 2005), a utilização de batata-doce na alimentação de suínos e outros animais é uma prática comum. Na China, nos últimos 30 anos, ocorreu um aumento constante no uso de raízes e ramas de batata-doce na alimentação de suínos e outros animais (Dapeng e Xiu-Qing, 2004). Geralmente, onde esse alimento é cultivado, de alguma forma ele é utilizado na alimentação animal (Scott, 1991).

A utilização na alimentação animal é feita principalmente na China e na Tailândia por meio do uso das raspas, ramas, silagem, ou mesmo crua, sem qualquer tipo de tratamento. Tanto as ramas quanto as raízes podem ser fornecidas frescas, principalmente para os animais ruminantes. A raspa, constituída de raízes picadas e secas, é um excelente complemento alimentar energético que pode ser adicionado à ração de animais, tanto de ruminantes como não ruminantes. A grande limitação para este tipo de utilização é o alto teor de umidade contido na batata-doce fresca (70,0%), o que pode tornar antieconômica a secagem artificial.

As raízes normalmente apresentam baixo teor de proteínas (em média de 1,3 a 4,0% na MS) (Li, 1974; Purcell et al., 1976; Walter et al., 1984), e mais de 40% do nitrogênio total é nitrogênio não proteico (Purcell et al., 1976). Normalmente, essa deficiência é corrigida pelos produtores por meio da suplementação da dieta com soja, folhas de mandioca e da própria batata-doce ou outro produto rico em proteína. Essa restrição se torna pior pela presença de inibidores de tripsina, que reduzem a digestibilidade de proteínas em raízes não cozidas (Yeh e Bouwkamp, 1985). Diferentes níveis de atividade de inibidor de tripsina são descritos na literatura (Lin e Chen, 1980; Dickey et

al., 1984). Apesar de o processo de cozimento das raízes eliminar esse fator indesejável, o processo consome elevado tempo e alto custo para o produtor, o que leva muitos a não submeter as raízes a esse processamento. Conseqüentemente, o desenvolvimento dos animais se torna menor, e o retorno econômico para o produtor decresce.

A baixa capacidade de armazenamento *in natura*, sofrendo ataques de doenças e apodrecimento acelerado, tornando-a inviável para a finalidade, é outro problema deste alimento. Dessa maneira, se torna necessária a preparação de material fresco todos os dias, tornando trabalhosa a utilização da cultura para este fim (Peters et al., 2005).

Uma alternativa viável para aproveitar a batata-doce na alimentação animal sem consumir horas de trabalho ou capital do produtor é sua utilização como silagem. A ensilagem reduz o nível de inibidor de tripsina, além de permitir o armazenamento do material por até cinco meses em condições de anaerobiose. Quando combinada com folhas da mandioca picadas, sua qualidade se torna superior. Peters et al. (2005) verificaram que a silagem de raízes de batata-doce não cozidas promoveu ganho de peso na alimentação de suínos igual ao ganho de peso promovido pelo fornecimento de raízes cozidas, com a vantagem de eliminar o trabalho de cozimento das raízes tuberosas e, dessa maneira, economizar mão de obra e capital do produtor.

Zuohua et al. (2004) observaram aumento dos teores de matéria seca e proteína no fornecimento de raízes e ramos de batata-doce na forma de silagem em relação ao fornecimento do material fresco a suínos. Verificaram, ainda, que a silagem produzida poderia apresentar proporções de até 60,0% de batata-doce em sua composição, sem afetar-lhe a palatabilidade, reduzindo o custo de produção da silagem de milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Sutoh et al. (1973), Ruiz et al. (1980) e Brown e Chavalimu (1985).

A silagem das ramas (caule e folhas) foi realizada em um experimento de Hall et al. (1954), sendo esta pura, com acréscimo de 15,0% de raízes de batata-doce ou acréscimo de 13,5% de raízes de batata-doce e 3,0% de melaço. As mudanças na composição química do material durante a fermentação anaeróbica da silagem com produção de ácido láctico e queda de pH ocorreram em todos os tratamentos com formação de um material de odor característico, coloração e textura adequadas. Com o acréscimo de raízes e melaço, houve maior produção de ácido láctico, exceto em um determinado período no qual as temperaturas se encontravam baixas.

4.1. Resultados do uso da batata-doce na alimentação de vacas leiteiras

Trabalhando com farelo de batata-doce, Frye et al. (1948a, b) substituíram totalmente o milho no concentrado de vacas Jersey e Guernsey em lactação e não encontraram diferença significativa em produção de leite e gordura de leite e peso vivo. O farelo de batata-doce foi tão palatável quanto o milho moído, e não foi percebido nenhum efeito laxativo excessivo para os animais consumindo este alimento. Em um dos

experimentos, foi avaliado o sabor do leite desses animais consumindo milho e farelo de batata-doce, sem diferença entre eles (Frye et al., 1948a).

Trabalhando com raiz de batata-doce desidratada em substituição à silagem de milho e soja, Rusoff et al. (1950) não encontraram diferenças para produção de leite corrigida para 4,0% de gordura, com o mesmo consumo dos dois alimentos. Com esse resultado, os autores concluíram que a batata-doce desidratada pode ser utilizada em substituição à silagem de milho e soja, mesmo sendo um alimento considerado como concentrado.

A raiz da batata-doce desidratada possui aproximadamente 90,0% do valor do milho moído como fonte de carboidrato para vacas de leite, portanto pode ser usada em substituição, mas deve-se levar em consideração o menor teor proteico e de lipídios desse alimento para ajuste da dieta (Mather et al., 1948).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A batata-doce é um alimento que pode ser usado na alimentação animal com resultados positivos. A raiz é muito energética e pode ser utilizada na forma fresca ou na forma de raspas, em substituição ao milho, com resultados satisfatórios na dieta de vacas leiteiras, mas deve-se lembrar de sua deficiência proteica. A parte aérea (ramas) tem um teor proteico considerável e pode ser usada na dieta de vacas leiteiras associada à raiz, ou não, suprimindo a deficiência desse nutriente. A silagem da parte aérea tem bom valor nutritivo e também é uma boa opção para utilização na dieta de ruminantes.

No Brasil, a utilização da batata-doce na alimentação animal, principalmente de vacas leiteiras, não é objeto de grande estudo científico, talvez por não ser considerada cultura de importância econômica relevante. No entanto, sua importância social é inegável, sendo cultivada em caráter de subsistência em grande parte das pequenas propriedades rurais do país.

A variabilidade observada em diversos acessos da cultura torna possível o melhoramento vegetal da espécie visando à melhoria da qualidade nutricional para a alimentação animal (Dapeng e Xiu-Qing, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRERA, P. *Batata-doce*. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1989. 91p.

BROWN, D.L; CHAVALIMU, L. Effects of ensiling or drying on five forage species in western Kenya: *Zea mays* (maize stover), *Pennisetum purpureum* (Pakistan napier grass), *Pennisetum* sp. (bana grass), *Ipomoea batatas* (sweetpotato vines) and *Cajanus cajan* (pigeon pea leaves). *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.13, p.1-6, 1985.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. *Sweetpotato*. Disponível em: <http://www.cipotato.org/sweetpotato/>. Acessado em 13 abr. 2009.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. *Sweetpotato facts: A compendium of key figures and analysis for 33 important sweetpotato countries*. Lima: CIP, 1998.

DAPENG, Z.; XIU-QING, L. Sweetpotato as animal feed: the perspective of crop improvement for nutrition quality. In: FUGLIE, K.; HERMANN, M. (Ed.) *Sweetpotato post-harvest research and development in China*. Borgor: CIP, 2004. p.26-40.

DICKEY, L.F.; COLLINS, W.W.; YOUNG, C.T. Root protein quantity and quality in a seedling population of sweetpotatoes. *Hortscience*, v.19, p.689-692, 1984.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G.R. *Sweet potatoes: Production processing marketing*. Westport, CN: AVI Publ, 1971. 58p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Batata-doce. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce.htm>. Acessado em: 25 mar. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivares desenvolvidos pela Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br>. Acessado em: 20 nov. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Produção de batata-doce no mundo. 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/es/ess/top/country.html?jsessionid=2E451283CE37A6EE565A517AF351943B>. Acessado em: 13 abr. 2009.

FRANCO, G. Nutrição, composição química e valor energético dos alimentos. Disponível em: <http://www.webcalc.com.br>. Acessado em: 28 out. 2005.

FRYE, J.B. Jr; HAWKINGS, G.E. Jr; HENDERSON, H.B. The value of winter pasture and sweet potato meal for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.31, p.897-903, 1948a.

FRYE, J.B. Jr; THOMASON, J.H.; HENDERSON, H.B. Sweet potato meal versus ground corn in the ration of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.31, p.341-346, 1948b.

HAGENIMANA, V.; KARURI, G.G.; OYUNGA, M.A. Oil content of fried sweetpotato processed products. *J. Food Process Conserv.*, v.22, p.123-137, 1998.

HALL, H.H.; ETCHELS, J.L.; JONES, I.D. et al. Microbiological and chemical studies of sweet potato vine silage. *J.Dairy Sci.*, v.37, p.1325-1336, 1954.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal 1990-2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acessado em: 30 nov. 2007.

- LI, L. Variation in protein content and its relation to other characters in sweetpotato. *J. Agric. Assoc. China*, v.88, p.17-22, 1974.
- LIN, Y.H.; CHEN, H.L. Level and heat stability of trypsin inhibitor activity among sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) lines. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, v.21, p.1-13, 1980.
- LUENGO, R.F.A.; PARMAGNANI, R.M.; PARENTE, M.R. et al. *Tabela de composição nutricional de hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 4p.
- MASSAROTO, J.A. *Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata-doce*. 2008. 73f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MATHER, R.E.; WOODROW, N.L.; EHEATY, J.F. Dehydrated sweet potatoes as a concentrate feed for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.31, p.569-576, 1948.
- MIRANDA, J.E.C. Batata-doce. 2003. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/batata-doce>>. Acesso em: 20 mar. 2009.
- MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A. et al. *A cultura da batata-doce*. Brasília: EMBRAPA /CNPB, 1995. 94p.
- MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A. et al. *Cultivo da batata-doce doce (Ipomoea batatas (L.) Lam.)*. Brasília: EMBRAPA, 1984. 7p.
- MOMENTÉ, V.V.; RODRIGUES, J.C.S.; TAVARES, I.B. et al. Desenvolvimento de cultivares de batata-doce no estado do Tocantins, visando à produção de álcool como fonte alternativa de energia para as condições tropicais. *Horticult. Bras.*, v.22, supl. 2, 2004. CD-ROM.
- PETERS, D.; TINH, N.T.; THACH, P.N. Sweetpotato root silage for efficient and labor saving pig raising in Vietnam. Disponível em: http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/554_EN.HTM. Acessado em: 12 maio 2005.
- PURCELL, A.E.; WALTER, W.M.; GIESBRECHT, F.G. Distribution of protein within sweetpotato root (*Ipomoea batatas* L.). *J. Agric. Food Chem.*, v.24, p.64-65, 1976.
- RITSCHER, P.S.; LOPES, C.A.; HUAMÁN, Z. et al. Organização do banco ativo de germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/livroorg/batata-doce.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2007.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000. 141p.

RUIZ, M.C.; PEZO, D.; MARTINEZ, L. The use of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) in animal feeding. *Trop. Anim. Prod.*, v.5, p.144-151, 1980.

RUSOFF, L.L.; MILLER, G.D.; BURCH Jr, B.J. et al. Dehydrated sweet potatoes as a substitute for corn-soybean silage. *J. Dairy Sci.*, v.33, p.657-660, 1950.

RUSOFF, L.L.; SEATH, D.M.; MILLER, G.D. Dehydrated sweet potatoes—their feeding value and digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.30, p.769-774, 1947.

SCOTT, G.J. Sweetpotato as animal feed in developing countries: present patterns and future perspectives. In: FAO EXPERTS CONSULTATION ON THE USE OF ROOTS, TUBERS, PLANTAINS AND BANANAS IN ANIMAL FEEDING, 1991, Cali, Colombia. Cali: CIAT, 1991. (Paper presented).

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. *Cultura da batata-doce*. Brasília: Embrapa Hortalças, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/autores.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2009.

SUTOH, H.; UCHIDA, S.; KANEDA, K. Studies on silage-making: the nutrient content of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L. var. *edulis*) at the different stages and the quality of sweetpotato vine silage. *Jap. Sci. Rep.*, v.41, p.61-68, 1973.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. *Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação*. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2003. 20p. (Documento, 57).

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr, V.R.; CAPPELLE, E.R. (Ed.) *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, MG: UFV, 2002. 297p.

WALTER, W.M.; COLLINS, W.W.; PURCELL, A.E. Sweetpotato protein: a review. *J. Agric. Food Chem.*, v.32, p.695-697, 1984.

WOOLFE, J.A. *Sweet potato: an untapped food resource*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992. 188p.

XIAODING, G. *Evaluation of sweetpotato tips as green vegetables*. Taipei: ARC Training, 1995. 9p.

YEH, T.P.; BOUWKAMP, J.C. Roots and vines as animal feed. In: BOUWKAMP, J.C. (Ed.) *Sweetpotato products: a natural resource for the tropics*. Boca Raton: CRC, 1985. p.235-253.

ZUOHUA, L.; ZONGHUI, L.; JIAN, H. et al. Sweetpotato roots silage for efficient feeding of weaner and finishing pigs in China. In: FUGLIE, K.; HERMANN, M. (Ed.). *Sweetpotato post-harvest research and development in China*. Bogor: CIP, 2004. p.88-99.

CAPÍTULO 20

CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Eloísa de Oliveira Simões Saliba¹, Norberto Mario Rodriguez²,
Lúcio Carlos Gonçalves³*

RESUMO

Este capítulo visa definir, caracterizar e descrever algumas técnicas analíticas, fazer um estudo do metabolismo dos principais carboidratos não fibrosos utilizados na alimentação de bovinos leiteiros e apresentar considerações sobre a acidose ruminal.

INTRODUÇÃO

O trato digestivo dos ruminantes está adaptado para digerir volumosos. Os sistemas de produção modernos estão baseados em altas concentrações de carboidratos rapidamente fermentáveis nas dietas, pela grande quantidade de energia requerida pelos animais. Entretanto, existe uma limitação destes pelo animal, que é determinada pela habilidade dele em absorver os produtos da degradação desses açúcares rapidamente fermentáveis..

A caracterização dos carboidratos não fibrosos, sua quantificação na dieta, e o entendimento de seu metabolismo são importantes para que o nutricionista possa utilizá-los racional e adequadamente, elaborando dietas nutricionalmente equilibradas que resultarão em desempenhos animais satisfatórios.

1. CARACTERIZAÇÃO DOS CARBOIDRATOS

Carboidratos, carbo-hidratos, hidratos de carbono, glicídios, glucídeos, glúcides, sacarídios são substâncias biológicas sintetizadas pelos organismos vivos, de função mista poliálcool-aldeído ou poliálcool-cetona, constituídas por carbono, oxigênio e hidrogênio nas proporções de 1:1:2.

Os carboidratos podem ser classificados em várias categorias, conforme sua natureza química e utilização pelo animal.

¹ Química, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. saliba@vet.ufmg.br

² Bioquímico, PhD., Prof. Titular Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. norberto@vet.ufmg.br

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

As duas principais classes são:

- 1 - carboidratos não estruturais ou não fibrosos(CNE);
- 2 - carboidratos estruturais ou fibrosos(CE).

A Tabela 1 mostra essa classificação:

Tabela 1. Classificação nutricional dos carboidratos.

Classe química	Carboidrato presente	
Monossacarídeos	glicose	} Carboidratos não fibrosos
	frutose	
	galactose	
Oligossacarídeos	sacarose	
a) dissacarídeos	lactose	
	maltose	
b) trissacarídeos	rafinose	
c) tetrassacarídeos	estaquiose	
Polissacarídeos		
a) reserva	amido	
	dextrina	
	Gomas	
	substâncias pécnicas	
b) estrutural	hemiceluloses	
	celulose	
	lignina	
		→ Polifenol da parede celular

O amido bem como os açúcares compõem o grupo dos CNE e são assim classificados por estarem presentes no conteúdo celular das células vegetais. São fonte de energia prontamente disponível ou de reserva para a planta (de Visser, 1993; Chesson e Forsberg, 1997). Os carboidratos estruturais compõem a parede celular dos vegetais, a fibra que garante a resistência física. A pectina está presente na parede celular, mas é também classificada como carboidrato não estrutural por ser totalmente solúvel em detergente neutro e ser rápida e extensamente degradável pelos microrganismos ruminais (Van Soest, 1994). O grupo dos carboidratos formados pelos açúcares, amido e pectina é também classificado como carboidratos não fibrosos (CNF). Porém, diferentemente dos açúcares e amidos, a pectina não pode ser digerida por nenhuma enzima animal, também sendo classificada como fibra solúvel (Hall, 1994).

A disponibilidade dos carboidratos não fibrosos pode ser definida como a susceptibilidade a enzimas microbianas. Estes incluem os monossacarídeos glicose e frutose, o dissacarídeo sacarose (glicose + frutose), lactose (glicose + galactose) e maltose (2 moléculas de glicose ligadas α -1,4), de trissacarídeos rafinose (frutose + glicose + galactose), e o tetrassacarídeo estaquiose (frutose + glicose + 2 galactoses).

Ainda incluem os polissacarídeos de reserva, como amido (composto de glicose ligada α 1,4) e dextrina, a qual é parte da molécula do amido hidrolisada e a pectina.

A maioria dos carboidratos não estruturais dos alimentos para ruminantes é composta por moléculas de monossacarídeos de 5 a 6 átomos de carbono. As pentoses mais comumente encontradas são a ribose, a arabinose e a xilose, que são aldoses. A ribose é também constituinte do ácido ribonucleico (RNA), e a arabinose e a xilose fazem parte de polissacarídeos complexos da parede celular como a pectina. As hexoses mais comuns são a glicose, a galactose e a frutose. A glicose e a galactose são aldoses, enquanto a frutose é uma cetose. A glicose é o monossacarídeo mais importante do grupo dos carboidratos não estruturais, sendo constituinte de compostos energéticos-chave na nutrição e alimentação de ruminantes, como a sacarose da cana-de-açúcar e o amido dos grãos de cereais, tubérculos e raízes.

Somente uma pequena parte dos carboidratos sintetizados pelas plantas durante a fotossíntese encontra-se na forma de monômeros livres. Devido à solubilidade em água e à reatividade, esses são rapidamente utilizados pelas plantas como intermediários para a síntese de compostos complexos, ou como carreadores de energia.

Os monossacarídeos, carboidratos monoméricos, combinam-se para formar dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Os monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos, também chamados de açúcares, possuem a propriedade de serem solúveis em água.

Os monossacarídeos podem converter-se em formas cíclicas, mediante o ataque do seu carbonilo por um dos seus grupos hidroxila. Em solução aquosa, as formas cíclicas são frequentemente muito mais estáveis do que as formas lineares.

Em solução aquosa, as hexoses sofrem uma interação intramolecular, formando uma estrutura cíclica, na forma de pentanel (furan) ou na forma de hexanel (pirano).

Em um estudo *in vitro*, Hall (1998) determinou o efeito de diferentes níveis de sacarose (65, 130, e 195mg) fermentados com 130mg da fibra em detergente neutro (FDN) de capim-bermuda. A produção de proteína microbiana foi linearmente incrementada com o aumento da sacarose, e a eficiência de produção decresceu linearmente de 0,32 para 0,23 (mg de proteína bruta microbiana/mg de sacarose).

A Figura 1 apresenta a fórmula química de alguns açúcares presentes nos alimentos.

A existência de carbonos assimétricos (carbonos com quatro substituintes diferentes) confere aos monossacarídeos a propriedade de isomerismo óptico, que é a capacidade de girar as ondas unidirecionais da luz polarizada, possuindo, portanto, estruturas *destrógiras* (D) e *levógiras* (L), e a isomeria geométrica, que, devido à

interação intramolecular das hidroxilas dos carbonos 1 e 2 dos monossacarídeos podem orientar-se espacialmente na configuração *cis* (α)(+) ou *trans* (β)(-).

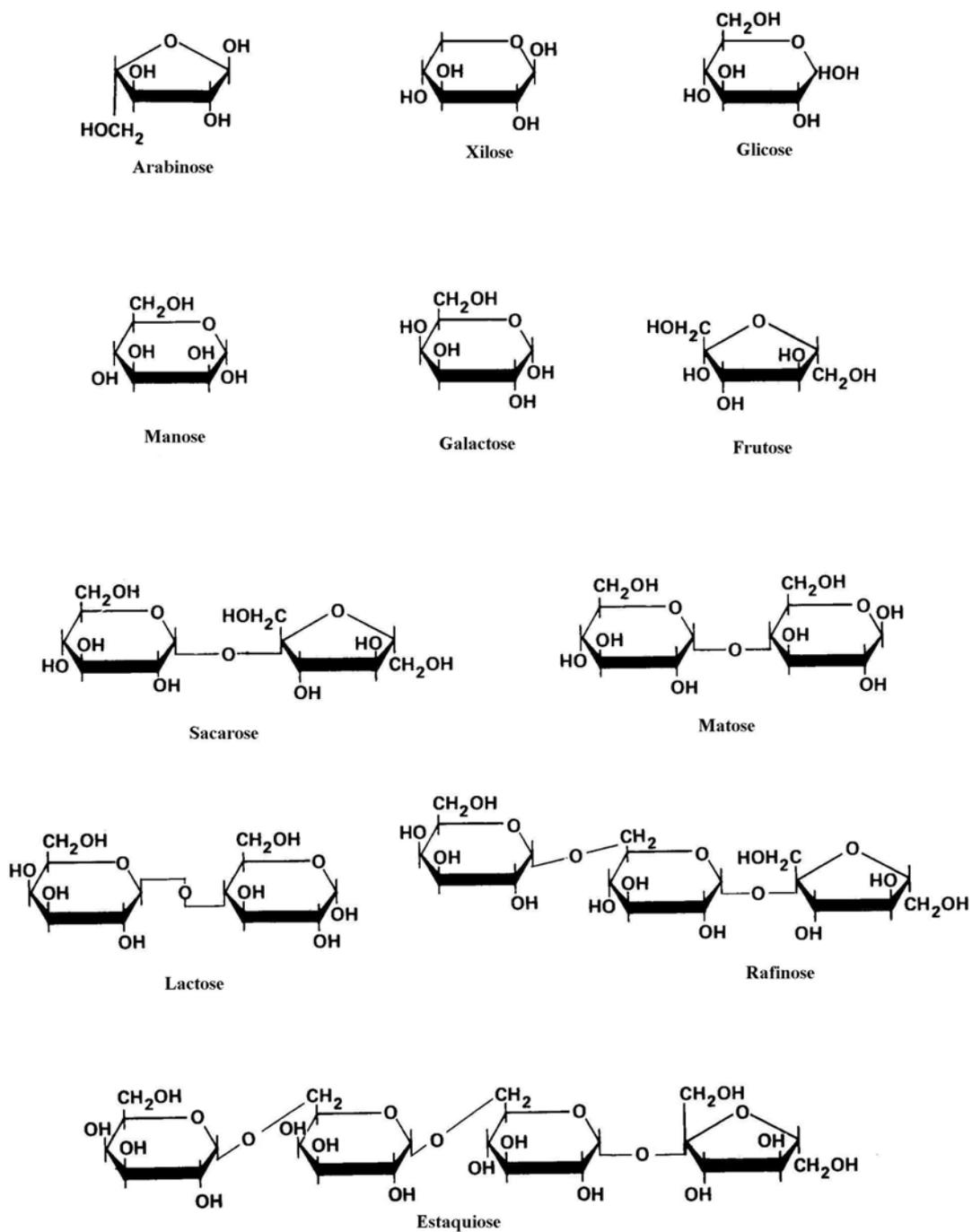


Figura 1. Fórmula química de açúcares.

Fonte: Tester et al. (2004).

Quando a interação ocorre entre os carbonos 1 e 4, forma-se a α -glicose furanósica (os grupos OH dos carbonos 1 e 2 estão em posição cis) ou a forma β -glicose furanósica (os grupos OH do carbono 1 e 2 estão em posição trans). Esta denominação é importante para compreensão das ligações glicosídicas que dão origem aos carboidratos formados pela condensação de açúcares simples, como no caso do amido.

Broderick et al. (2000), em dois trabalhos em que substituíram a sacarose por amido da dieta de vacas em lactação, encontraram resultados em que a sacarose aumentava a produção de gordura no leite, mas os resultados eram bastante variados. Em dietas em que a sacarose foi substituída pelo amido do milho (0,0 a 7,5% da matéria seca da dieta), encontraram aumento no consumo de matéria seca e no conteúdo de gordura do leite. A substituição do açúcar pelo amido do milho alterou a fermentação ruminal e os produtos, como a proporção molar de butirato, que foi aumentada e pôde explicar o aumento da gordura do leite.

O amido é sintetizado em estruturas vegetais denominadas plastídeos: cromoplastos das folhas e amiloplastos de órgãos de reserva, a partir da polimerização da glicose, resultante da fotossíntese.

n moléculas de glicose \Rightarrow amido + água

Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. Esses dois polímeros diferenciam-se entre si quanto ao tipo de estrutura química, ao tamanho da molécula e conseqüentemente pelas propriedades químicas.

A amilose (Figura 2) é um polímero longo e relativamente linear, disposto em dupla hélice. Este possui aproximadamente 99,0% dos resíduos de glicose unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4) e 1,0% por ligações α -(1 \rightarrow 6). O peso molecular varia de acordo com a origem botânica e encontra-se entre 1×10^5 e 1×10^6 Da. A molécula é composta de 324 a 4.920 resíduos de glicose e pode ter de nove a 20 pontos de ramificação [ligações α -(1 \rightarrow 6)] e de 3 a 11 cadeias lineares (Hoover, 2001; Tester et al., 2004). Essas cadeias são relativamente longas e podem conter de 200 a 700 resíduos de glicose.

A amilopectina (Figura 3) é uma molécula maior que a amilose. Apresenta peso molecular entre 1×10^7 e 1×10^9 Da (Tester et al., 2004) e tem estrutura bastante ramificada. As cadeias lineares de glicose, unidas por ligações α -(1 \rightarrow 4), têm pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6) a cada 20 a 25 resíduos de glicose (Chesson e Forsberg, 1997). Estima-se que 95,0% dos resíduos de glicose estejam unidos por ligações α -(1 \rightarrow 4), e os outros 5,0% por ligações α -(1 \rightarrow 6) (French, 1973). A amilopectina pode conter mais de 15 mil resíduos de glicose, sendo considerada uma das maiores moléculas conhecidas. Segundo Ball et al. (1998), a complexa organização das ramificações α -(1 \rightarrow 6) é responsável pelo empacotamento denso e semicristalino dos resíduos de glicose nos grânulos de amido.

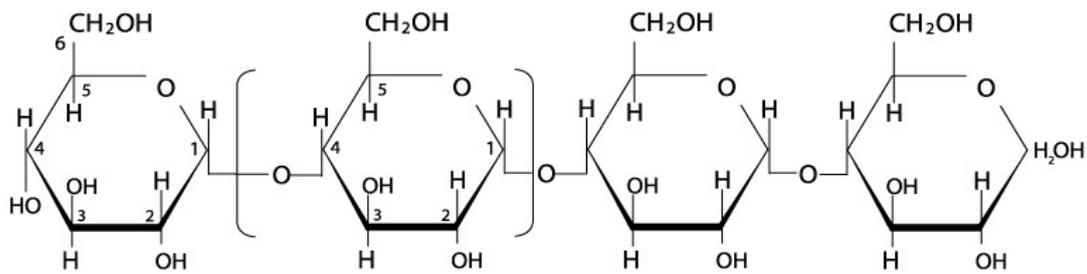


Figura 2. Amilose, um α -(1 \rightarrow 4)-glucano; $n = 1000$. A molécula linear pode conter cadeias moderadamente longas ligadas por ligações α -(1 \rightarrow 6).

Fonte: Tester et al. (2004).

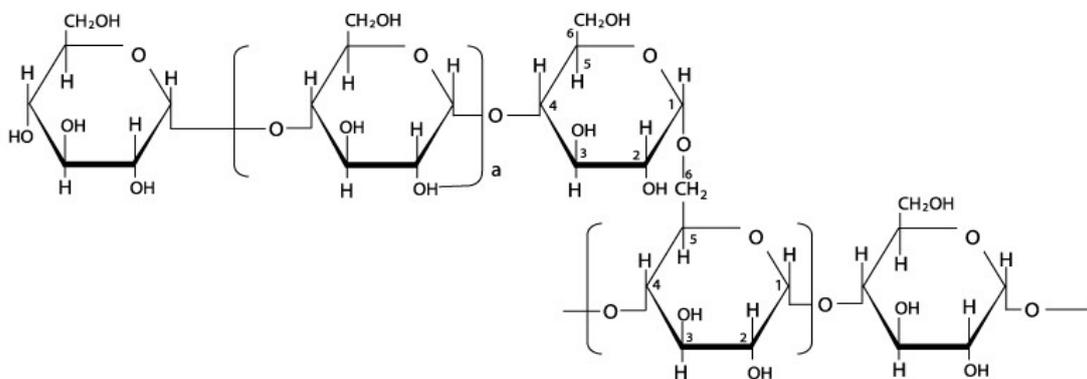


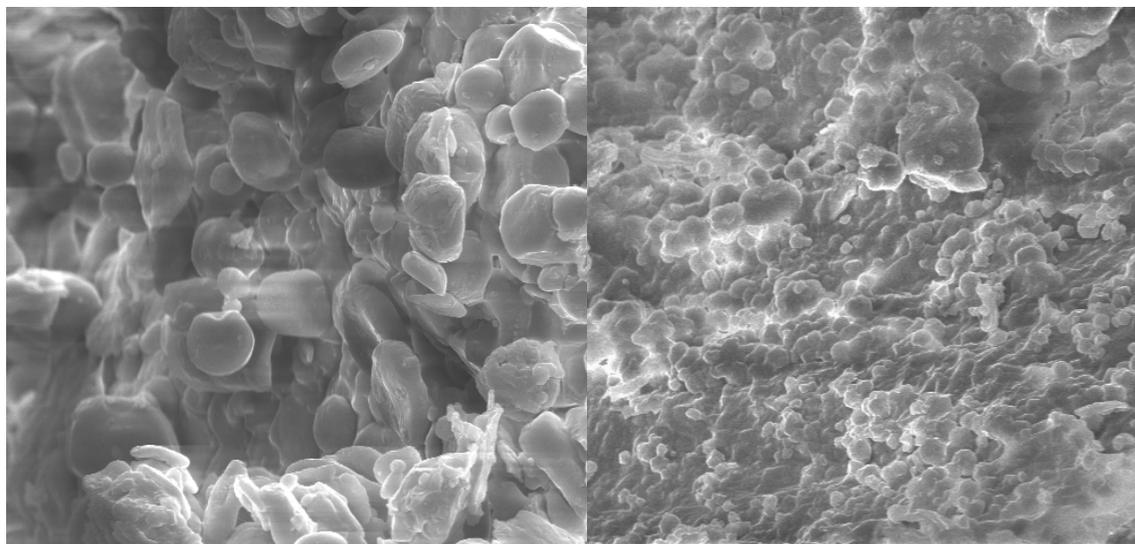
Figura 3. Amilopectina, com pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6). As cadeias externas (a) contêm de 12 a 23 resíduos de glicose; as internas (b) contêm de 20 a 30 resíduos. Os tamanhos das cadeias a e b podem variar com a origem botânica do amido.

Fonte: Tester et al. (2004).

A porcentagem de amilose e de amilopectina varia com a origem botânica do amido, mas, na maioria das espécies, o amido é composto por 30,0% de amilose e 70,0% de amilopectina (Wang et al., 1998).

A amilose e a amilopectina encontram-se empacotadas nas plantas na forma de pequenos grânulos, com diâmetros variando de 1 a 200 μ m e nos formatos redondo, lenticular, oval e/ou poligonal. Os grânulos de menor diâmetro são encontrados nos cloroplastos, enquanto os de maior são encontrados nas hastes, sementes, raízes e tubérculos (Chesson e Forsberg, 1997). Saliba et al., em 2009, estudando nove variedades de mandioca, encontraram valores de diâmetro dos grânulos de amidos variando de 9 a 16 μ m. Os amidos dos tubérculos (batatas) são grandes e geralmente redondos, enquanto os amidos dos cereais são pequenos e poligonais. O trigo é o cereal que apresenta os maiores grânulos de amido e no formato oval (Asp et al., 1996).

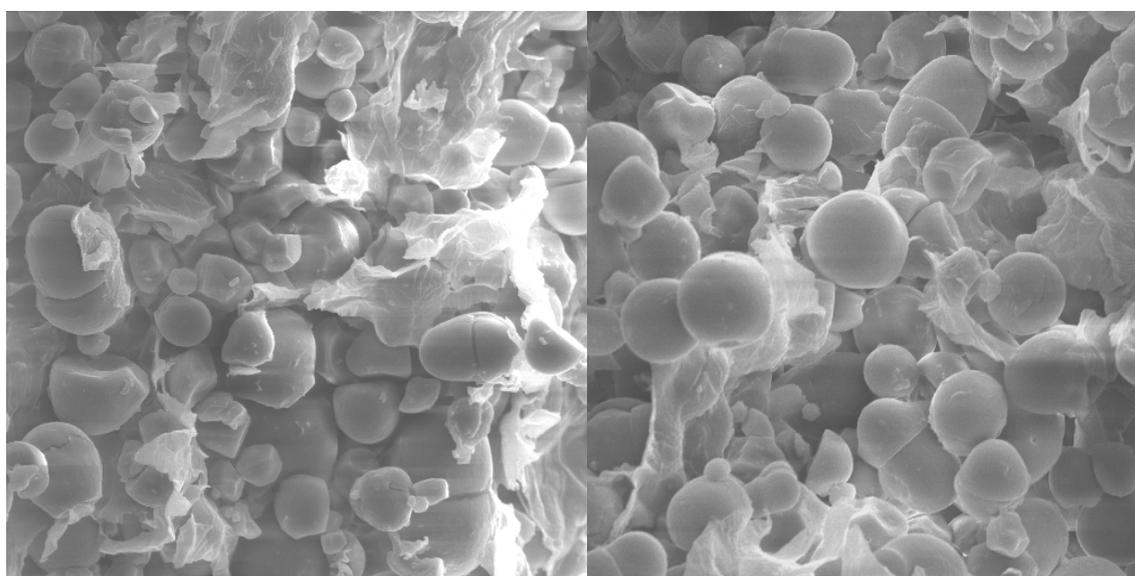
As Figuras 4 e 5 demonstram a ultraestrutura dos grânulos do amido de milho, do sorgo e da mandioca, avaliados por meio da microscopia eletrônica de varredura (SEM).



AG 9010 milho

BRS 610 sorgo

Figura 4. SEM do milho e sorgo.



BRASÍLIA

CURVELINHA

Figura 5. SEM da fécula de duas variedades de mandioca brasília e curvelinha.

O amido é um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular e sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energética nos períodos de dormência, germinação de grãos, crescimento e rebrota (Wang et al., 1998). As

plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos. Os grãos são a principal fonte de amido na alimentação humana e animal, podendo conter até 80% de seu peso seco em amido (Buléon et al., 1997). Os teores de amido, em porcentagem da matéria seca, dos principais alimentos ricos em amido utilizados na alimentação de ruminantes podem ser descritos como 75,7 a 66,3 no milho, 71,3 a 62,9 no sorgo, 70,7 a 79,3 na mandioca (Nocek e Tamminga, 1991¹, Valadares Filho et al., 2002¹).

Os grânulos íntegros apresentam baixa capacidade de absorção de água por serem estabilizados por grande quantidade de pontes de hidrogênio inter e intramoléculas de amilose e amilopectina. Diversos tipos de processamentos são aplicados aos grãos de cereais com a finalidade de romper as pontes de hidrogênio dentro dos grânulos de amido, melhorando a capacidade de hidratação desses. Dessa forma, o amido torna-se mais susceptível à digestão enzimática (Flint e Forsberg, 1995). Esse processo é denominado gelatinização. A temperatura de gelatinização do amido varia com o tipo de grão, o que pode refletir nas diferenças na composição bioquímica do amido e na interação desse com a matriz proteica. Algum amido pode ser descrito como amido resistente, sendo não degradado no organismo animal. O amido resistente pode ocorrer naturalmente nos alimentos ou ser produzido durante o processamento deles quando o amido é aquecido e resfriado. Isto acontece devido à instabilidade do amido gelatinizado, que tende a se reorganizar parcialmente com as reduções da temperatura e do conteúdo de água do meio devido ao restabelecimento parcial das pontes de hidrogênio, processo denominado retrogradação (Hoover, 2001). Esse processo de reorganização dos grânulos tende a aumentar a proporção de amido resistente ao ataque das amilases dos alimentos previamente gelatinizados, o que pode reduzir a digestibilidade ruminal e intestinal desses amidos (Asp et al., 1996).

A pectina é uma substância amorfa parcialmente solúvel em água e é completamente solúvel em detergente neutro. Portanto, não é recuperada na fibra em detergente neutro (FDN) (Van Soest, 1994). Está localizada na lamela média da parede celular vegetal e funciona como substância de adesão entre as células, sendo, em parte, responsável pela rigidez dos tecidos vegetais (Devlin, 1975; Salisbury e Ross, 1991). A lamela média é a região localizada entre duas células vegetais contíguas. Os principais componentes das pectinas são o ácido galacturônico, que forma homopolímeros compostos por α -(1→4)-D-ácido galacturônico, e as ramnogalacturonanas (também conhecidas por ácido poligalacturônico), que são heteropolímeros constituídos por α -(1→2)-L-ramnose- α -(1→4)-D-ácido galacturônico (Salisbury e Ross, 1991). Contudo, a constituição em açúcares das moléculas de pectina é variável (Voragen et al., 1993; Ben-Ghedalia et al., 1989). Além do ácido galacturônico, galactose e ramnose, as moléculas de pectina podem ser constituídas por glicose, xilose e arabinose (Lewis, 1993). Segundo Hatfield e Weimer (1995) e Voragen et al. (1993), os diversos açúcares podem estar ligados entre si por até 20 tipos de ligações covalentes diferentes [α -(1→4), α -(1→2), β -(1→4) etc.], o que torna o estudo da estrutura tridimensional da molécula muito difícil.

As moléculas de pectina estão ligadas covalentemente com a celulose e as hemiceluloses. Encontram-se ligadas entre si por meio de interações não covalentes

com os íons cálcio (Salisbury e Ross, 1991). Segundo Van Soest (1994), a ausência de ligação da pectina com a matriz lignificada pode ser comprovada pela fácil solubilidade desta em água e em detergente neutro, sem a necessidade de clivagem enzimática e pela rápida e extensa degradação ruminal (98,0% em 12h).

A quantidade de pectina varia entre as diferentes partes da planta, sendo que as folhas e hastes da alfafa, segundo Hatfield e Weimer (1995), possuem, em média, 25,0 a 30,0% e 10,0 a 20,0% da parede celular como pectina, respectivamente. Alguns subprodutos da agroindústria são particularmente ricos em pectina, como a polpa de beterraba e de outros tubérculos (25,0% de pectina), polpa cítrica (25,0%) e polpa de maçã seca (19,0%). Destes, a polpa cítrica é a fonte mais comum de pectina na dieta dos ruminantes no Brasil.

2. FUNDAMENTOS DA METODOLOGIA ANALÍTICA

As gramíneas de origem temperada acumulam frutanas como principal carboidrato de reserva; muitas de origem tropical e leguminosas acumulam amido. Como se pode verificar na Tabela 2, o conteúdo de frutanas nestas últimas é nulo; em contraste, as gramíneas temperadas também acumulam certa quantidade de amido, e normalmente a amilopectina predomina.

2.1. Determinação de açúcares livres

Os açúcares livres presentes nas plantas forrageiras são a glicose, a frutose e a sacarose. A glicose e a frutose compreendem quase a totalidade de açúcares redutores livres. Outros açúcares livres são a maltose, a melobiose, a rafinose e a estaquiose, que ocorrem em pouca quantidade. A glicose e a frutose são os principais monossacarídeos presentes nas forragens (1,0 a 3,0%), já a sacarose pode estar em níveis mais elevados (2,0 a 8,0%).

Tabela 2. Conteúdo de carboidratos não estruturais nas plantas.

Componentes	Gramíneas tropicais	Gramíneas temperadas	Grãos de cereais	Leguminosas
Açúcares	5	10	traços	5-15
Amido	1-5	1-6	80	1-7
Frutanas	0	1-25	0	0

Fonte: Van Soest (1994).

A solubilidade de alguns carboidratos está descrita na Tabela 3.

Com base na solubilidade, pode-se sugerir o melhor método de extração para os carboidratos. Os métodos para analisar esta fração são gerais e descritos por método da diferença, refratometria, polarimetria, colorimetria, métodos enzimáticos e cromatográficos (HPLC).

Tabela 3. Solubilidade em água e etanol dos principais carboidratos.

Carboidrato	Solubilidade			
	Água		Etanol	
	25°C	60°C	80,0%	90,0%
Açúcares livres				
glicose	Sol.	Sol. +	Sol.	Sol. -
frutose	Sol.	Sol. +	Sol.	Sol. -
sacarose	Sol.	Sol. +	Sol.	Sol. -
maltose	Sol.	Sol. +	Sol.	Sol. -
Amido				
amilose	Sol.	Sol. +	Insol.	Insol.
amilopectina	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.
Frutosanas				
levam (baixo PM)	Sol. +	Sol. +	Sol. +	Insol.
levam (alto PM)	Sol. +	Sol. +	Insol.	Insol.
inulina (PM 5000)	Sol.	Sol. +	Insol.	Insol.

Fonte: Galyean, 1997.

2.1.1. Método da diferença

A obtenção do conteúdo de carboidratos disponíveis é calculada pela estimativa de todas as outras frações pela análise proximal:

$$\% \text{ Carboidratos disponíveis} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ EE} + \% \text{ PB} + \% \text{ FB}).$$

2.1.2. Refratometria

É baseada na medida do índice de refração de uma solução preparada do alimento, sabendo-se que o índice de refração é proporcional à concentração da solução.

A técnica utiliza instrumentos conhecidos como refratômetros. É dependente da concentração dos açúcares. O método é utilizado para medida rápida do conteúdo de açúcar em sucos; na prática, os aparelhos são chamados sacarímetros. A refratometria não é um método específico (Galyean, 1997).

2.1.3. Polarimetria

O princípio deste método é baseado no fato de que a onda de luz normalmente vibra transversalmente ao eixo de propagação e o feixe no plano em todas as direções, e se o feixe de luz passar através de certos minerais, o feixe emergente vibra em somente um plano e é dito polarizado.

Quando a rotação específica de um açúcar é conhecida, o polarímetro pode ser usado para determinar a quantidade de açúcar presente em solução. Este procedimento usa aparelhos denominados polarímetros e é baseado no princípio de que açúcares são

opticamente ativos, isto é, eles podem girar a direção do feixe no plano da luz polarizada (luz de um comprimento de onda movendo em um plano). A quantidade de rotação do feixe é dependente da concentração de açúcares em solução em uma relação linear em que:

α = rotação específica do açúcar a 20°C;

β = rotação observada;

C = concentração do açúcar em solução em g/mL;

e = comprimento do caminho do açúcar em dm.

É um método utilizado para determinar lactose no leite (requer clarificação da solução antes da medição).

2.1.4. Colorimetria

O princípio da colorimetria é baseado no fato de que, quando uma luz passa através de uma solução, alguns comprimentos de onda são absorvidos, e outros não, resultando na coloração da solução.

Um grande número de reações químicas ocorre com os açúcares, e vários reagentes produzem cor. A extensão da cor relata a concentração do açúcar, que é relacionada com padrões.

2.1.5. Métodos enzimáticos

São utilizados na forma de *kits* testes. O procedimento geral estima a glicose, a frutose e a sacarose.

2.1.6. Cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC)

A técnica da cromatografia está baseada no princípio da separação dos constituintes da amostra a ser analisada entre duas fases; uma de grande área superficial (fase estacionária), e outra que percorre a primeira (fase móvel), arrastando o constituinte que se deseja separar e quantificar.

A HPLC é uma cromatografia em que a fase móvel é inserida na coluna (local onde está presente a fase estacionária) com o auxílio de bombas. A técnica, então, se torna mais rápida e eficiente em relação à cromatografia líquida clássica, em que se utilizava apenas a força gravitacional.

2.2. Determinação de amido

O amido pode ser fracionado em amilase e amilopectina pela gelatinização em água à temperatura e pressão elevadas.

A intensa cor azul do amido em presença de iodo é devido à amilase; a amilopectina tem coloração vermelha ou violeta.

A determinação de amido em alimentos pode ser feita de diversas formas. O amido pode ser extraído e dispersado em solução coloidal, e depois pode ser separado.

O conteúdo de amido pode ser determinado por precipitação e gravimetria ou titulação de precipitado, pela polarometria, colorimetria, ou como glicose após hidrólise química ou enzimática.

2.2.1. Métodos de extração

- a) O ácido perclórico é um eficiente extrator do amido. O método é baseado na extração do açúcar solúvel em etanol a 80,0%; o extrato livre de açúcar deve ser tratado com HClO₄ 70% e, então, tem-se um extrato de amido, que deve ser recebido em iodo (complexo I - amido), posteriormente em álcali que decompõe o complexo. O amido liberado é determinado colorimetricamente com solução de antrona.
- b) O amido pode também ser extraído a quente, com solução concentrada de CaCl₂. Após extração, procede-se à precipitação do amido com iodo. A quantificação do amido pode ser é gravimétrica, ou indireta, determinando-se o teor de iodo por titulação ou colorimetria (Na₂S₂O₄).

2.2.2. Métodos de hidrólise

A hidrólise ácida do amido produz glicose, que pode ser determinada pela técnica química ou físico-química.

Os métodos que envolvem a hidrólise ácida estão sujeitos a erros causados pela hidrólise de polissacarídeos não amiláceos, que por outro lado pode destruir a dextrose. Portanto, vários métodos empregam a hidrólise ácida e enzimática. De acordo com Herrera-Saldana et al. (1990), o amido pode ser determinado pela hidrólise com α -amilase e amiloglicosidase, e a glicose é medida usando-se a glicose oxidase (amido quente gelatinizado dos produtos de trigo pode ser hidrolisado pela α -amilase, e a hidrólise da dextrose é completada com amiloglicosidase).

3. METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS NÃO ESTRUTURAIIS

A digestão é um processo que envolve solubilização, hidrólise extracelular e transporte para o interior da célula das substâncias necessárias para o metabolismo animal. A fermentação é um processo que envolve reações com produtos finais, como metano, amônia e ácidos graxos de cadeia curta, como acético, propiônico e butirico, e a degradação é um processo que compreende a etapa de digestão e fermentação.

O rúmen possui uma coleção muito concentrada e diversificada de microrganismos anaeróbicos, incluindo bactérias, protozoários e fungos (Tajima et al., 1999). As bactérias são responsáveis pela maior parte da digestão dos alimentos no rúmen, por causa da sua predominância numérica e pela diversidade metabólica. Os protozoários

são os microrganismos ruminais de maior tamanho e podem contribuir com 40,0 a 50,0% da biomassa e com atividade enzimática total no rúmen (Santra e Jakhmola, 1998). Os fungos ruminais somente foram descobertos recentemente e atuam sobretudo na digestão da fibra, pois a biomassa de fungos aumenta substancialmente em dietas ricas em volumosos e praticamente está ausente em dietas ricas em concentrados à base de grãos de cereais (Orpin e Joblin, 1997).

Muitas espécies de bactérias são capazes de digerir açúcares e amido no rúmen, entre as principais: *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amilophylus*, *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Succinomonas amylolytica* e *Selenomonas ruminantium*, *Eubacterium ruminantium* e *Clostridium* spp. (Cotta, 1988; Russell e Rychlik, 2001).

Embora todas essas espécies de bactérias cultivadas em culturas puras *in vitro* possam digerir grânulos de amido isolados, individualmente são incapazes de produzir todas as enzimas digestivas necessárias para a digestão completa dos grãos dos cereais. Essa diferenciação é importante porque o amido é fornecido para os ruminantes na forma de grãos de cereais e está protegido do ataque microbiano pelo pericarpo, pela parede celular e pela matriz proteica. Portanto, a habilidade de digerir o amido *in vitro* pode não se manifestar na mesma intensidade na digestão do amido dos grãos dos cereais no rúmen.

Nos alimentos ricos em amido, o processo digestivo começa quando as bactérias amilolíticas do líquido ruminal são atraídas e se aderem à superfície dos grânulos de amido logo que o alimento adentra o rúmen. As colônias primárias se multiplicam rapidamente, e suas enzimas digestivas hidrolisam os nutrientes solúveis dos alimentos. Após a exaustão dos nutrientes digestíveis na superfície dos alimentos pelas primeiras colônias de bactérias, novas colônias fisiologicamente distintas são atraídas para completar a digestão dos componentes nutricionais nas superfícies dos alimentos, reforçando a hipótese de seletividade das espécies de microrganismos aos diferentes tipos de substratos (McAllister et al., 1990).

A pectina é rápida e completamente degradada no rúmen pelas espécies de bactérias *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Lachnospira multiparus* e *Succinivibrio dextrinosolvens* (Chesson e Monro, 1982; Russell e Rychlik, 2001). Marounek e Dusková (1999) estabeleceram que o *Butyrivibrio fibrisolvens* 787 apresentou maior atividade pectinolítica *in vitro* que o *Prevotella ruminicola* AR29.

O aumento progressivo de concentrados ricos em amido em dietas à base de forragem estimula o aumento da população de protozoários no rúmen devido ao aumento no suprimento de substratos energéticos rapidamente fermentáveis. Porém, a maioria das espécies e o número de protozoários por unidade de conteúdo ruminal podem ser muito reduzidos (ou mesmo exauridos) naqueles animais alimentados com dietas contendo mais de 75,0% de concentrados à base de grãos de cereais devido possivelmente ao baixo valor de pH do rúmen, baixa taxa de salivagem e ao aumento da taxa de passagem (Franzolin e Dehority, 1996).

A taxa e a extensão da digestão do amido no rúmen diferem entre as fontes do amido (Rooney e Pflugfelder, 1986) e com o método e a intensidade do processamento (Theurer et al., 1999). Os grãos de trigo, a aveia e a cevada são mais rápida e extensamente fermentados no rúmen que o sorgo e o milho (Herrera-Saldana et al., 1990). O processamento físico dos grãos geralmente aumenta a taxa e a extensão de fermentação do amido no rúmen com redução da quantidade de amido disponível para a digestão no intestino delgado (Mathison, 1996).

As matrizes proteicas dos grãos de milho e de sorgo são extremamente resistentes à degradação, enquanto aquelas da cevada, aveia e trigo são facilmente digeridas no rúmen. A susceptibilidade das matrizes proteicas à digestão microbiana ajuda a explicar por que mais de 40,0% do amido do milho e do sorgo podem escapar da fermentação ruminal, enquanto menos de 10,0% do amido do trigo e da cevada chegam ao intestino delgado (Orskov, 1986).

A pectina não é degradada pelas enzimas animais (Van Soest et al., 1991; Hall et al., 1997). Porém, é extensa e rapidamente degradada pelos microrganismos no rúmen em contraste com as outras frações fibrosas dos alimentos (Hall, 1994; Mertens, 1996). Ainda, a extensão da fermentação pode ser diferente entre as diversas frações da planta, sendo que estudos mostraram que a pectina isolada da folha da alfafa foi mais rapidamente degradada que a pectina da haste. Há também diferenças entre espécies, em que a pectina das folhas frescas de gramíneas foi mais extensamente fermentada no rúmen que a pectina do feno de alfafa (Hall, 1994).

A taxa e a extensão da degradação da pectina são similares aos carboidratos não estruturais; porém a fermentação da pectina aumenta a produção de acetato e geralmente não determina a produção de ácido láctico durante a fermentação (Hatfield e Weimer, 1995).

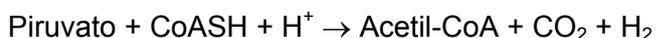
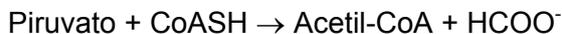
Os ácidos graxos voláteis (AGV) são absorvidos através da parede ruminal e representam a maior fonte de energia para o ruminante (Bergman, 1990).

A maioria dos microrganismos ruminais fermenta a glicose e outros monômeros resultantes da hidrólise dos carboidratos até o piruvato utilizando a via da glicólise (Ciclo de Embden-Meyerhof), o que proporciona aos microrganismos dois moles de adenosina trifosfato (ATP) e dois moles de nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzido (NADH₂). O ATP gerado é a principal fonte de energia química prontamente disponível para o crescimento e a manutenção de todos os microrganismos.

O piruvato é a substância na qual todos os carboidratos são convertidos antes de serem transformados em ácidos graxos voláteis, gás carbônico e metano. A proporção molar de cada produto final depende das espécies de microrganismos envolvidas, do tipo de carboidrato fermentado e do ambiente ruminal durante a fermentação.

O acetato é o principal ácido graxo volátil produzido no rúmen pelos microrganismos ruminais, podendo representar até 75,0% dos ácidos graxos voláteis produzidos nas dietas ricas em volumosos e mais de 50,0% nas dietas ricas em concentrados.

A principal via bioquímica de produção do acetato pelos microrganismos ruminais envolve a conversão do piruvato a formato e acetil-Coenzima A (Acetil-CoA) pelo sistema enzimático da piruvato liase. O formato é convertido posteriormente a CO₂ e H₂ por outros microrganismos ruminais:



O acetato é a fonte mais importante de energia metabolizável para o ruminante, por ser o principal AGV produzido no rúmen. Além disso, é o principal substrato utilizado para a lipogênese que, no ruminante, ocorre no tecido adiposo. A glicose pode suprir somente quantidades desprezíveis de acetil-CoA para a lipogênese nos ruminantes devido a baixos níveis da enzima ATP-citrato liase, ao contrário do que ocorre nos não ruminantes.

Existem duas vias conhecidas de conversão do piruvato até propionato. A primeira via envolve a formação do oxaloacetato e succinato, e a segunda envolve a conversão do piruvato a lactato e esse último a acrilato. A primeira via é a mais ativa na formação do propionato. Porém, a via do acrilato pode ser mais importante no rúmen de animais que estão consumindo dietas ricas em concentrados (Leng, 1970). O propionato absorvido é o principal substrato gliconeogênico do ruminante, processo metabólico que ocorre no fígado e nos rins (Bergman, 1990). A gliconeogênese possui importância crítica para a manutenção dos níveis plasmáticos de glicose no ruminante, pois a absorção líquida de glicose pelo trato gastrointestinal é muito pequena, se ocorre (Reynolds et al., 1994; Reynolds, 1995).

A síntese do butirato pode ocorrer no rúmen a partir do acetato ou de outros compostos que resultem em acetil-CoA, como o piruvato ou o glutamato. Têm sido descritas duas vias de síntese de butirato no rúmen. A via mais importante é o inverso da β -oxidação, em que são utilizadas duas moléculas de acetato. Na outra via, o malonil-CoA se combina com o acetil-CoA, que posteriormente é reduzido até o butirato pela via do crotonil-CoA (Leng, 1970). A síntese do butirato a partir do acetato, embora sem benefícios para as bactérias, resulta na regeneração de cofatores oxidados, o que permite o prosseguimento do processo fermentativo (Fahey Jr. e Berger, 1993).

A proporção molar dos ácidos graxos voláteis é principalmente influenciada pela relação volumoso:concentrado das dietas. Em geral, quando essa relação diminui, a proporção acetato:propionato também diminui.

O tipo de substrato fermentado e as condições do meio determinam as espécies de microrganismos ruminais que preferencialmente conseguirão proliferar, conseqüentemente determinam os produtos finais gerados na fermentação.

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE ACIDOSE RUMINAL

As dietas fornecidas aos ruminantes estão cada vez mais ricas em concentrados (ricas em grãos de cereais) para atender ao aumento das exigências nutricionais dos animais de alta produção. Os grãos de cereais são ricos em amido e representam as principais fontes de carboidratos não estruturais dessas dietas.

Os microrganismos anaeróbicos ruminais fermentam rapidamente as fontes de carboidratos não estruturais, principalmente os açúcares e amido, a ácidos graxos voláteis, CO₂, H₂, metano e, em algumas situações, também a lactato. Quando o suprimento de carboidratos rapidamente fermentáveis aos animais é aumentado abruptamente, há grande aumento da produção de ácidos graxos voláteis e de lactato. Dessa forma, os mecanismos tamponantes do rúmen (a saliva, que contém bicarbonato, fosfato e ureia, e a absorção dos AGVs) podem não conseguir manter o pH ruminal, levando-o para níveis críticos abaixo de 5,5 devido ao acúmulo indesejável de AGVs e lactato no rúmen (Hall, 1998; Owens et al., 1998).

O aumento da disponibilidade de carboidratos não estruturais e a conseqüente queda do pH provocam intensas modificações do ecossistema ruminal. Há redução da população de microrganismos celulolíticos, com redução da degradação dos carboidratos estruturais, porque esses microrganismos são muito sensíveis ao pH menor que 6,0 (Russell e Dombrowski, 1980; Therion et al., 1982). Há aumento da população dos amilolíticos, principalmente do *Streptococcus bovis*, que deixa de produzir acetato, etanol e formato quando cultivado em pH acima de 6,0, para produzir lactato como principal produto final da fermentação em pH menor que 5,5, tornando-se o principal microrganismo produtor de lactato no rúmen em acidose (Russell e Baldwin, 1979; Russell e Hino, 1985; Asanuma e Hino, 2002).

Concomitantemente, há inibição da população de microrganismos consumidores de lactato como a *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium* (Nocek, 1997). Dessa forma, quando os animais são alimentados com dietas ricas em concentrados, o lactato pode se acumular a níveis não fisiológicos no líquido ruminal, resultando em acidose ruminal (Russell e Hino, 1985; Dawson et al., 1997). O acúmulo de lactato faz o pH cair mais rapidamente, uma vez que esse ácido é mais forte que os ácidos graxos voláteis, pois tem pKa mais baixo (3,9) que os ácidos graxos voláteis (4,7-4,9).

O *Streptococcus bovis* e os *Lactobacillus* spp. são alguns dos microrganismos mais resistentes ao baixo pH do meio, podendo proliferar em condições de acidez limitantes para a maioria dos microrganismos ruminais (Therion et al., 1982). Além disso, foi demonstrado por Russell e Dombrowski (1980) que a capacidade de produção de lactato pelos *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus vitulinus* aumentou quando o pH do meio foi reduzido para valores menores que 5,7. Dessa forma, essas espécies potencialmente contribuem para o progresso e a perpetuação da acidose ruminal por acelerar a queda do pH devido ao aumento da produção de lactato na acidose (Russell e Hino, 1985). As mudanças no ecossistema ruminal com o supercrescimento das bactérias produtoras de lactato são muito rápidas e podem ocorrer em menos de 24h (Dawson et al., 1997).

Na acidose aguda, a acidez e a osmolaridade do líquido ruminal aumentam marcadamente com o acúmulo de lactato e de glicose livre. Podem ocorrer ulceração das mucosas ruminal e intestinal, desidratação grave, paraqueratose, abscessos hepáticos, queda do pH sanguíneo e morte do animal (Owens et al., 1998). No entanto, a acidose crônica ou subaguda é um problema econômico mais grave porque resulta no declínio do consumo voluntário e no desempenho, apesar de os animais não parecerem doentes (Slyter, 1976).

Ambos L e D isômeros do ácido láctico são produzidos pelos microrganismos ruminais na proporção de 4:1, em pH maior que 6,0. O L-lactato é rapidamente metabolizado pelas enzimas do ruminante, localizadas principalmente no fígado e no coração, enquanto o D-lactato necessita atravessar a membrana mitocondrial antes de ser oxidado pela enzima D-2-hidroxiácido desidrogenase, sendo metabolizado mais lentamente. Por isso, o D-lactato é considerado mais tóxico. Entretanto, quando o pH cai para valores inferiores a 5,0, o D-lactato pode representar mais de 50,0% do lactato presente no rúmen, o que contribui para a disfunção fisiológica geral do animal em acidose (Dawson et al., 1997). Em adição ao D-lactato, outros produtos microbianos, como etanol, metanol, histamina, tiramina e endotoxinas, são detectáveis no conteúdo ruminal na acidose e podem exercer efeitos sistêmicos adversos ao animal (Slyter, 1976).

As estratégias para controlar a acidose ruminal constituem o controle do fornecimento de concentrados, o correto balanceamento dos carboidratos da dieta e o monitoramento do tamanho da partícula das forragens fornecidas. Além disso, permitem que o rúmen (microrganismos e mucosa) se adapte gradativamente ao aumento de concentrados na dieta. O período de adaptação às dietas ricas em carboidratos não estruturais deve ser superior a 14 dias.

Essas medidas de manejo permitem que haja o equilíbrio no crescimento de microrganismos produtores e consumidores de lactato no rúmen e também possibilitam que a mucosa ruminal aumente a capacidade de absorção de AGVs (Dawson et al., 1997). O uso de substâncias alcalinizantes (bicarbonato de sódio e óxido de magnésio) na dieta ou o de fontes de nitrogênio não proteico (ureia) também ajudam a reduzir a depressão do pH ruminal após o consumo de grandes quantidades de concentrados, por estimular a absorção dos ácidos graxos voláteis (Owens et al., 1998).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo dos carboidratos não fibrosos é constituído pelos açúcares e amido, sendo assim classificado por estar presente no conteúdo celular e ser fonte de energia prontamente disponível ou de reserva para a planta. A pectina, que é um polissacarídeo amorfo contido na parede celular, é também classificada como carboidrato não fibroso por ser totalmente solúvel em detergente neutro e ser rápida e extensamente degradável pelos microrganismos ruminais.

O tipo de substrato fermentado e as condições do meio determinam as espécies de microrganismos ruminais que preferencialmente conseguirão proliferar, conseqüentemente determinam os produtos finais da fermentação gerados. Os açúcares são fermentados rápida e completamente no rúmen pelos microrganismos, sendo convertidos em ácidos graxos voláteis e, ocasionalmente, em quantidades significativas de lactato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASANUMA, N.; HINO, T. Regulation of fermentation in a ruminal bacterium, *Streptococcus bovis*, with special reference to rumen acidosis. *Anim. Sci. J.*, v.73, p.313-325, 2002.

ASP, N.G.; VAN AMELSVOORT, J.M.M.; HAUTVAST, J.G.A.J. Nutrition implications of resistant starch. *Nutr. Res. Rev.*, v.9, p.1-31, 1996.

BALL, S.G.; VAN DE WAL, M.H.B.J.; VISSER, G.F. Progress in understanding the biosynthesis of amylose. *Trends Plant Sci.*, v.3, p.462-467, 1998.

BEN-GEDHALIA, D.E.; YOSET, E.; MIRON, J. et al. The effects of starch and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.24, p.289-298, 1989.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.*, v.70, p.567-589, 1990.

BRODERICK, G.A.; LUCHINI, N.D.; SMITH, W.J. et al. Effect of replacing dietary starch with sucrose on milk production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, suppl. 1, p.248, 2000. Abstract.

BULEON, A.; GALLANT, D.J.; BOUCHET, B. et al. Starch from A to C. *Plant Physiol.*, v.115, p.949-957, 1997.

CHESSON, A.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*, 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p.329-381.

CHESSON, A.; MONRO, J.A. Legume pectic substances and their degradation in ovine rumen. *J. Sci. Food Agric.*, v. 33, p.852-859, 1982.

COTTA, M.A. Amylolytic activity of selected species of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.54, p.772-776, 1988.

DAWSON, K.A.; RASMUSSEN, MA.; ALLISON, M.J. Digestive disorders and nutritional toxicity. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed). *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p. 633-660.

DE VISSER, H. Characterization of carbohydrates in concentrates for dairy cows. In: GARNSWORTHY, P.C.; COLE, D.J.A. *Recent advances in animal nutrition*. Loughborough: Nottingham University Press, 1993, p.19-38.

DEVLIN, R.M. *Plant physiology*. 3.ed. New York: D. Van Nostrand, 1975. 600p.

FAHEY Jr, G.C.; BERGER, L.L. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1993. p.305-337.

FLINT, H.J.; FORSBERG, C.W. Polysaccharide degradation in the rumen: biochemistry and genetics. In: ENGELHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. et al. (Ed). *Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction: Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology*, 1995. Stuttgart: Enke, 1995. p.43-70.

FRANZOLIN, R.; DEHORITY, B.A. Effect of prolonged high-concentrate feeding on ruminal protozoa concentrations. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.2803-2809, 1996.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. *J. Anim. Sci.*, v.37, p.1048-1061, 1973.

GALYAN, M.L. *Laboratory procedures in animal nutrition research*. Amarillo, TX: West Texas A&M University, 1997. 189p.

HALL, M.B. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 9., 1998, Gainesville, FL. *Proceedings...* Gainesville, FL: Florida University Press, 1998. p.108-121.

HALL, M.B. Pectin: The structural non structural carbohydrate. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1994, Rochester, NY. *Proceedings...* Rochester, NY: Cornell University Press, 1994. p.28-36.

HALL, M.B.; LEWIS, B.A.; VAN SOEST, P.J. et al. A simple method for estimation of neutral detergent-soluble fibre. *J. Sci. Food Agric.*, v.74, p.441-449, 1997.

HATFIELD, R.D.; WEIMER, P.J. Degradation characteristics of isolated and *in situ* cell wall lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. *J. Sci. Food Agric.*, v.69, p.185-196, 1995.

HERRERA-SALDANA, R.; HUBER, J.T.; POORE, M.H. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.2386-2393, 1990.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.*, v.45, p.253-267, 2001.

LENG, R.A. Formation and production of volatile fatty acids in the rumen. In: PHILLIPSON, A.T. (Ed.). *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Proceedings of the Third International Symposium. Cambridge: Oriel Press, 1970. p.406-421.

LEWIS, B.A. Fiber chemistry, an historical perspective. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1993, Rochester, NY. *Proceedings...* Rochester, NY : Cornell University Press, 1993. p.1-8.

MAROUNEK, M.; DUSKOVÁ, D. Metabolism of pectin in rumen bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* and *Prevotella ruminicola*. *Let. Appl. Microbiol.*, v.29, p.429-433, 1999.

MATHISON, G.W. Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.113-125, 1996.

McALLISTER, T.A.; CHENG, K.J.; RODE, L.M. et al. Digestion of barley, maize, and wheat by selected species of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.56, p.3146-3153, 1990.

MERTENS, D.R. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGES INDUSTRIES, 1996, Madison, WI. *Proceedings...* Madison, WI: US Dairy Forage Resource Center, 1996. p.81-91.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1005-1028, 1997.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3598-3629, 1991.

ORPIN, C.G.; JOBLIN, K.N. The rumen anaerobic fungi. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p.140-195.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.275-286, 1998.

REYNOLDS, C.K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGELHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. et al. *Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1995. p.351-371.

REYNOLDS, C.K.; HARMON, D.L.; CECAVA, M.J. Absorption and delivery of by portal-drained visceral nutrients for milk protein synthesis. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2787-2808, 1994.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1607-1623, 1986.

RUSSELL, J.B.; BALDWIN, R.L. Comparison of maintenance energy expenditures and growth yields among several rumen bacteria grown on continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.37, p.537-543, 1979.

RUSSELL, J.B.; DOMBROWSKI, D.B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.292, p.1119-1122, 1980.

RUSSELL, J.B.; HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.1712-1721, 1985.

RUSSELL, J.B.; RYCHLIK, J.L. Factors that alter rumen microbial ecology. *Science*, v.292, p.1119-1122, 2001.

SALIBA, E.O.S.; OLIVEIRA, M.C.; FARIA, E.P. et al. Avaliação da concentração de amido na raiz de genótipos de mandioca através das técnicas enzimáticas, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIV) e análise particular por difração a laser (Partica). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá, PR. *Anais...* Maringá: SBZ, UEM, 2009. CD-ROM.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. 4.ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing, 1991. 336p.

SANTRA, A.; JAKHMOLA, R.C. Effect of defaunation on animal productivity. *J. Appl. Anim. Res.*, v.14, p.103-116, 1998.

SLYTER, L.L. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.*, v.43, p.910-929, 1976.

TAJIMA, K.; AMINOV, R.I.; NAGAMINE, T. et al. Rumen bacterial diversity as determined by sequence analysis of 16S rDNA libraries. *FEMS Microbiol. Ecol.*, v.29, p.159-169, 1999.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. *J. Cereal Sci.*, v.39, p.151-165, 2004.

THERION, J.J.; KISTNER, A.; KORNELIUS, J.H. Effect of pH on growth rates of rumen amyolytic and lactilytic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.44, p.428-434, 1982.

THEURER, C.B.; LOZANO, O.; ALIO, A. et al. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.2824-2831, 1999.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr, V.R.; CAPPELLE, E.R. (Ed.). *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, MG: UFV, 2002. 297p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.

VORAGEN, A.G.A.; SCHOLS, H.A.; GRUPPEN, H. Structural studies of plant cell-wall polysaccharides using enzymes. In: MEUSER, F.; MANNERS, D.J.; SEIBEL, W. (Ed.). *Plant polymeric carbohydrates*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 1993. p.3-15.

WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HENDLEY, C.L. Starch: as simple as A, B, C? *J. Exp. Bot.*, v.49, p.481-502, 1998.

CAPÍTULO 21

GRÃO DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Wilson Gonçalves de Faria Jr.¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Alex de Matos Teixeira³, Flávia Cardoso Lacerda Lobato⁴*

RESUMO

A grande disponibilidade de soja, associada ao balanço favorável de energia e proteína, destaca-a como opção de oleaginosa para suplementação de vacas de leite. Neste capítulo, serão discutidas as principais formas de utilização da soja integral, as influências dos processamentos físicos, térmicos e químicos sobre o valor nutritivo da soja, o metabolismo ruminal e as respostas produtivas dos animais, assim como as alterações na composição química e no perfil de ácidos graxos do leite.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da cultura de soja nas últimas quatro décadas foi espetacular. O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, com produção estimada de 60 milhões de toneladas no ano de 2008 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009). Isso corresponde a cerca de 27% da produção mundial de 220,88 milhões. O complexo agroindustrial da soja responde por cerca de 15% das exportações e tem vocação para crescer muito mais, considerando-se as extensas áreas aptas e disponíveis para o seu cultivo no país, principalmente nos cerrados do meio oeste, norte e nordeste. Há crescente demanda pelo grão da oleaginosa nos mercados nacional e internacional, que buscam tanto o grão quanto os subprodutos, seja para extração de óleo para uso doméstico e produção de biodiesel ou para elaboração de rações animais.

A adição de lipídios à dieta surge como uma alternativa para elevar o nível energético da dieta, sem aumentar a ingestão de carboidratos não estruturais ou diminuir a ingestão de fibra. Assim, a substituição de cereais por oleaginosas é um método de incrementar a densidade energética sem comprometer o conteúdo em fibra (Palmquist, 1984). Todavia, para vacas leiteiras de alta produção, a adição de gordura à dieta pode ser, ainda, uma maneira de aumentar a produção de leite (Chilliard, 1993).

¹ Médico Veterinário, MSc. Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. wilsonvet2002@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

⁴ Médica Veterinária, MSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. lobato.fafa@gmail.com

A soja integral, devido a sua composição, é uma excelente fonte de energia e proteína para vacas em lactação, com a vantagem de poder ser produzida diretamente na propriedade. Em função do elevado valor energético, tem crescido o uso da soja grão nas dietas de vacas de alta produção para elevar a densidade energética das dietas (Palmquist, 1991) e, com isso, possibilitar um aumento da relação volumoso:concentrado na ração, diminuindo os problemas metabólicos relacionados com ingestão excessiva de amido. O adensamento da dieta com o uso de soja integral mostra-se como alternativa para burlar a queda no consumo de energia e proteína que ocorre com a redução natural e fisiológica no consumo de alimento durante o período de transição (periparto e pós-parto) e em situações de estresse calórico no verão, com a intenção de reduzir o período de balanço energético negativo das vacas no pós-parto e propiciar condições para que o animal sofra menor perda de condição corporal e possa expressar o potencial leiteiro. Além disso, o uso da soja integral pode reduzir o incremento calórico dos animais e a produção de metano, de modo a aumentar a eficiência de uso da energia dos alimentos para a produção.

Segundo Shearer e Beed (1992), o estresse calórico afeta adversamente a produção leiteira, porque as respostas termorregulatórias do animal resultam em aumento das frequências respiratórias e cardíacas, redução do consumo e da absorção de nutrientes, além da mudança no direcionamento do fluxo sanguíneo dos tecidos internos para os tecidos periféricos.

1. PROCESSAMENTO DA SOJA INTEGRAL

Tice et al. (1993) sugerem que os métodos de processamento da soja para alimentação de vacas de leite devem ser baseados em vários fatores. O nível de inclusão de soja integral, o período de lactação, o nível de produção, bem como os ingredientes e o balanceamento dos nutrientes da dieta como um todo, podem determinar se o processamento resultará em respostas produtivas positivas ou não.

1.1. Processamento físico

Os grãos inteiros podem ser deglutidos facilmente por não serem retidos na boca por tanto tempo como as forragens para salivação. Contudo, esses podem aumentar o tempo destinado à mastigação e à ruminação quando comparados aos triturados. Isso é desejável porque estimula a salivação e auxilia na manutenção do pH ruminal, principalmente para vacas de alta produção. O processamento físico, como moagem, pode aumentar a eficiência na digestão dos grãos no rúmen (Nussio et al., 2006), principalmente com relação ao amido, mas, no caso da soja integral crua, pode levar a resultados negativos, pelo aumento da degradação da proteína no rúmen e maior influência dos lipídios no metabolismo ruminal.

1.2. Processamento térmico

Algumas técnicas, como tostagem, extrusão, expeller, floculação ou micronização, têm sido usadas com sucesso para reduzir a degradação proteica no rúmen (Waltz e Stern, 1989). A aplicação de calor, nos processos físicos, favorece a ocorrência de reações de Maillard, com a formação de composto de amadori, aumentando em até 70% a proteína sobrepassante. O controle dessa reação (binômio temperatura x tempo) é a chave para otimizar os resultados dos processamentos que envolvem aplicação de calor. Hsu e Satter (1995) mostraram que, para soja tostada, os melhores resultados são obtidos com calor a 145°C por 30 minutos. O excesso de calor leva à perda de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) e, principalmente, lisina.

O monitoramento da qualidade do processamento é determinante nas respostas de desempenho animal. A literatura apresenta controvérsias com respeito aos benefícios do processamento da soja (tostagem, extrusão ou expeller) no desempenho de vacas leiteiras, com relação à soja crua. Segundo Tice et al. (1993), quando o consumo for baixo (< 10 % soja na MS da dieta), o processamento da soja pode não influenciar significativamente a *performance* das vacas lactantes, exceto no início da lactação, quando o fluxo de aminoácidos essenciais para o duodeno pode ser um fator necessário para a produção de leite. Nesse caso, a tostagem ou extrusão da soja poderá apresentar vantagens, pois proporcionará um aumento na quantidade de proteína não degradável no rúmen. Quando o consumo de soja for alto (> 10 e ≤ 25 % na matéria seca da dieta), ela apresentará grande influência sobre a ingestão de proteína não degradável no rúmen, então o tratamento térmico torna-se necessário, pelo motivo citado anteriormente.

Alguns pesquisadores encontraram resultados positivos, como Faldet e Satter (1991), Grummer et al. (1994), McNivem et al. (1994), Chouinard et al. (1997a, b). Por outro lado, outros autores, como Scott et al. (1991), Bernard et al. (1995), Hsu e Satter (1995), não encontraram nenhum benefício na *performance* produtiva, sugerindo o uso de soja crua em função do menor custo.

1.3. Processamento químico

Os principais tratamentos químicos da soja têm sido o tratamento com formaldeído ou associação com sais de lignossulfato de cálcio. O tratamento dos fatores proteicos com formaldeído tem sido estudado como um método de proteção da proteína à degradação ruminal. Batista et al. (1983) concluíram que o formaldeído aplicado a 2% da MS da soja integral protege de forma eficaz a proteína contra a hidrólise ruminal, no entanto essa quantidade de formaldeído parece ser excessiva, já que houve redução da digestibilidade da MS, MO, PB das rações tratadas.

Já o tratamento da soja integral com sais de lignossulfato de cálcio foi eficiente em proteger os lipídios da bio-hidrogenação no rúmen, com mínimos efeitos sobre a digestibilidade da fibra e sem comprometimento na *performance* dos animais. O lignossulfato de cálcio foi mais eficiente que a tostagem em transferir AG insaturados

(C18:2) ao leite (Abel-Caines et al., 1998). Esse tratamento não comprometeu a digestibilidade da proteína ou do extrato etéreo (Neves et al., 2007). Contudo, a quantidade de açúcar adicionada, a temperatura, o pH, a umidade e o tempo de reação são críticos para obtenção de um efeito ótimo (US. Patent No.4957748).

2. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

A soja integral tem alta concentração energética devido ao elevado teor de lipídios e proteína e ao baixo conteúdo de cinzas (Blas et al., 2001). A composição bromatológica média dos grãos de soja integral crua é apresentada na Tabela 1. Variações podem ocorrer entre cultivares, regiões de produção ou segundo o sistema de produção (convencional ou orgânico). Os conteúdos de proteína e lipídios são mais variáveis, sendo observados cultivares com alto teor de proteína e/ou menor nível de lipídios (McNiven et al., 1994; Cober e Voldeng, 2000; Toledo et al., 2007).

Tabela 1. Composição bromatológica média dos grãos de soja integral crua.

Variáveis	(%)	Minerais	(mg/100g)
Matéria seca (MS)	90,0	Ca	240
	(%MS)	P	580
Matéria orgânica	96,6	Fe	9,4
Proteína bruta	37,6	Na	1
NIDN ¹	15,0	K	1900
NIDA ²	6,5	Mg	220
Extrato etéreo	12,3		(ug/100g)
Fibra em detergente neutro (FDN)	27,8	Zn	3200
Fibra em detergente ácido (FDA)	19,4	Cu	980
FDNcp ³	15,1	Vitaminas	(mg/100g)
Carboidratos não fibrosos	20,4	E	1,8
Ligina	2,1	B1	0,83
Cinzas	4,7	B2	0,3
Nutrientes digestíveis totais	91,1	Niacina	2,2
Energia metabolizável (kcal/kg MS)	4,05	A	0,0012

¹NIDN: porcentagem do nitrogênio total ligado ao FDN; ²NIDA: porcentagem do nitrogênio total ligado ao FDA; ³FDNcp - FDN corrigida para proteína.

Fonte: National Research Council - NRC, 2001; Salla et al. (2003); Costa et al. (2005); Kagawa et al. (1995).

De modo geral, o tipo de processamento não afeta a composição bromatológica, como pode ser observado na Tabela 2, porém os teores de FDN e FDA podem reduzir pela perda da casca com o processamento (Ganeshe e Grieve, 1990). Por outro lado, a soja micronizada destaca-se pela elevada qualidade, refletida pelos baixos valores de FND e FDA, acompanhados do maior valor de PB, extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB).

Tabela 2. Composição bromatológica do farelo de soja, da soja integral tostada, extrusada e micronizada com base na matéria natural.

Variáveis	Farelo de soja	Soja integral (%)		
		Tostada	Extrusada	Micronizada
Matéria seca	88,59	90,27	90,47	92,62
Matéria orgânica	82,69	85,67	85,87	88,15
Proteína bruta	45,00	37,00	37,00	39,14
Extrato etéreo	1,66	17,86	17,64	21,50
Fibra em detergente neutro	13,86	15,70	15,70	13,45
Fibra em detergente ácido	8,16	11,40	11,40	5,86
Cinzas	5,90	4,60	4,60	4,47
Energia bruta (kcal/kg MS)	4.079	4.938	4.938	5.279

Fonte: Rostagno, 2005.

A maior alteração nutricional com o processamento diz respeito à extensão e ao sítio de digestão dos nutrientes, principalmente da fração de proteína, como apresentado na Tabela 3. Dentre os componentes da soja integral, a proteína merece grande atenção, pois a fração A (22% da PB) e B₁ (cerca de 30% da proteína verdadeira) são rapidamente convertidas em amônia a uma taxa de fermentação de 100 a 200%/h, pelos microrganismos ruminais (Sniffen et al., 1992). Essa elevada degradação merece atenção especial quando da sua utilização em proporções significativas na dieta ou em associação com outras fontes de proteína rapidamente degradável.

Tabela 3. Efeito do processamento e da temperatura nos teores de nitrogênio solúvel.

Soja integral tostada ¹				
Variáveis	Soja crua	125°C	150°C	165°C
Proteína bruta	42,8	42,4	42,6	43,0
Nitrogênio solúvel	47,8	17,9	12,9	14,6
NIDN*	11,9	5,6	5,6	12,6
NIDA*	7,5	5,0	4,9	6,6
Soja integral extrusada ²				
Variáveis	Soja crua	125°C	130°C	140°C
Proteína bruta	39,1	38,2	40,5	37,1
Nitrogênio solúvel	38,4	16,6	15,9	11,0
Soja integral tostada ³				
Variáveis	Soja crua	142°C	142°C + steep	
Proteína bruta	36,8	38,0	37,7	
Nitrogênio solúvel	41,0	9,0	5,4	
NIDN*	14,6	10,4	10,6	
NIDA*	10,8	8,6	8,4	

*% de nitrogênio em relação ao nitrogênio total.

Fonte: ¹ Chouinard et al., (1997b); ² Ganesh e Grieve (1990); ³ Fathi-Nasri et al., (2008).

O uso da soja integral com fontes energéticas de rápida degradação mostra-se como estratégia para minimizar as perdas de nitrogênio no rúmen. Os valores médios de nitrogênio solúvel da soja crua são de 42%, valor que é reduzido para cerca de 5% a 14%, dependendo do tipo de processamento, do binômio temperatura x tempo de tratamento e do tamanho da partícula da soja. A redução dos valores de NIDN e NIDA, a princípio, está associada à perda da casca da soja com o processamento, contudo o aumento desses valores com o aumento da temperatura de processamento indica redução da qualidade da proteína do alimento pela indisponibilidade da fração proteica para o animal e consequentes perdas fecais (Ganesh e Grieve, 1990).

Como visto na Tabela 3, o tratamento com calor pode alterar a proporção de proteína degradada no rúmen (PDR), reduzindo o teor de nitrogênio degradado no rúmen, em decorrência da formação de complexos entre a proteína e os carboidratos (Reações de Maillard), o que torna a proteína indisponível à fermentação bacteriana. Isso favorece um aumento na proteína sobrepassante, cuja disponibilidade depende da intensidade do processamento e da capacidade das enzimas digestivas em quebrar esses complexos (Ganesh e Grieve, 1990).

Embora os sistemas de adequação de dietas para ruminantes (NRC, 2001 e Agricultural and Food Research Council - AFRC, 1993) considerem constante a digestibilidade intestinal da proteína que escapa à fermentação ruminal, tem sido constatado que esta varia entre as fontes. Dessa forma, podem-se cometer erros a partir desta pressuposição. Cabral et al. (2001) avaliaram a digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen (PNDR) de diferentes fontes proteicas de origem vegetal e encontraram variações de 25,07% a 83,25%, respectivamente, para grãos de soja e glúten de milho.

Os alimentos de maior degradação no rúmen propiciam os menores teores de digestibilidade da PNDR, uma vez que a proteína que escapa do rúmen corresponde à fração de mais difícil digestão. A soja integral crua, moída entre 1,5 e 2,5mm, mostra valores de PNDR digestível entre 22 e 24g/kg de MS (Cabral et al. 2001; Branco et al., 2006). Os valores de digestibilidade intestinal da PNDR variam conforme o teor de proteína da soja, o método de processamento e o tamanho de partícula. A redução do tamanho da partícula reduz o teor de PNDR. Segundo Faldet e Satter (1991), a tostagem da soja integral garante em média 48% PNDR, com um conteúdo de lisina disponível no intestino de 1,07% da MS. Faldet et al. (1992) compararam os processos de tostagem (aquecimento + "steeping", que consiste em um período de descanso dos grãos, entre 30 e 45 minutos, após a tostagem em barris que conserva a temperatura próxima de 100°C), "Jet-sploder" (cujos grãos sofrem uma expansão após tratamento térmico e de pressão) e extrusão e observaram que os três processos aumentaram a PNDR em comparação à soja crua, porém a tostagem foi a mais eficiente.

3. PERFIL DE AMINOÁCIDOS

A soja integral crua apresenta cerca de 80% de proteína verdadeira, composta de 49,17% de aminoácidos essenciais e 50,83% de aminoácidos não essenciais. O perfil de aminoácidos da soja integral crua e o da soja processada são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Perfil de aminoácidos totais, essenciais e não essenciais da soja integral crua ou tostada.

	Soja integral		
	Crua	Tostada (140°C)	Tostada + "steeping" ¹
PB (%MS)	38,80	38,00	37,70
AA Total ² (%PB)	80,43	81,11	80,64
	% Aminoácidos (g/100g)		
Essenciais	49,56	48,49	48,56
Arg.*	9,14	8,14	8,12
His	3,05	3,14	3,23
Ile	4,82	4,82	5,18
Leu	9,94	9,51	9,57
Lys*	6,62	5,95	5,74
Met	1,23	1,64	1,60
Phe	5,44	5,30	5,20
Thr	3,60	3,98	3,86
Val	5,72	6,01	6,06
Não essenciais	50,44	51,51	51,44
Ala*	5,00	4,63	4,37
Asp	12,84	13,40	13,82
Glu	19,94	20,13	19,99
Gly	3,90	4,03	4,11
Ser	5,33	5,38	5,54
Tyr	3,43	3,94	3,61

¹ Descanso por 30 minutos em barris à temperatura média de 100°C; ² Aminoácidos totais
Fonte: Adaptado de Fathi-Nasri et al. (2008).

O processamento com calor não afeta sistematicamente o total de aminoácidos da soja, contudo as contribuições da lisina, arginina e alanina são menores que na soja crua; por outro lado, os valores relativos de metionina e treonina podem aumentar por efeito de concentração (Fathi-Nasri et al., 2008). Faldet et al. (1992) observaram reduções nos teores (2,4% para 1,7% MS) e na disponibilidade (2,3% para 1,5%) da lisina da soja integral tostada pelo método "Jet-Sploder" com o aumento da temperatura de tostagem de 117°C para 154°C. A lisina é usualmente o aminoácido mais sensível ao processamento, e frequentemente as perdas são cinco a 15 vezes superiores a de outros aminoácidos (Dakowski et al., 1996), dependendo da temperatura, da extensão do aquecimento e do tamanho da partícula.

A degradabilidade ruminal dos aminoácidos tanto da soja crua quanto tostada varia entre os aminoácidos, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 5. Composição em aminoácidos da caseína, farelo de soja e soja tostada, extrusada ou micronizada.

	Soja integral				
	% na base natural				
	Caseína	Farelo	Tostada	Extrusada	Micronizada
PB	84,21	45,32	37,00	37,00	39,14
Lys	6,94	2,77	2,23	2,23	2,43
Met	2,60	0,64	0,53	0,53	0,58
Lys+ Met	2,97	1,27	1,08	1,08	1,11
Trp	1,08	0,62	0,47	0,47	0,51
Thr	3,79	1,78	1,47	1,47	1,50
Arg	3,07	3,33	2,71	2,71	3,06
Gly+ Ser	6,31	4,21	3,47	3,47	3,67
Val	5,66	2,16	1,78	1,78	1,96
Ile	4,61	2,10	1,70	1,70	1,87
Leu	7,74	3,52	2,81	2,81	3,11
His	2,43	1,17	0,99	0,99	1,12
Phe	4,13	2,30	1,90	1,90	2,09
Fen+ Tyr	9,51	3,84	3,20	3,20	3,42

Fonte: Dados compilados de Rostagno (2005).

Tabela 6. Efeito do processamento na degradabilidade da proteína bruta, aminoácidos (AA) totais e individuais da soja crua ou tostada.

Proteína bruta	Soja integral			s.e.m.
	Crua	Tostada (140°C)	Tostada + steep ¹	
	54,5% a	23,0%b	24,0% b	2,76 *
Aminoácidos (% AA Total, g/100g)				
AA totais	56,9 a	25,1 b	25,1 b	0,97 *
Essenciais				
Arg.	60,0 a	27,4 b	27,9 b	1,27 *
His	56,5 a	24,8 b	25,1 b	1,02 *
Ile	54,0 a	21,7 b	22,6 b	0,89 *
Leu	53,8 a	25,5 b	25,0 b	1,02 *
Lys	58,2 a	27,4 b	27,6 b	0,92 *
Met	54,0 a	22,4 b	23,0 b	1,26 *
Phe	54,3 a	23,1 b	24,0 b	0,96 *
Thr	54,4 a	23,7 b	24,5 b	0,82 *
Val	54,7 a	23,6 b	23,0 b	1,27 *
Não essenciais				
Ala	55,2 a	23,8 b	23,2 b	0,96*
Asp	58,6 a	27,6 b	26,4 b	1,02 *
Glu	59,4 a	25,2 b	25,4 b	0,79 *
Gly	55,2 a	22,7 b	23,5 b	0,92 *
Ser	56,8 a	24,8 b	24,2 b	0,96 *
Tyr	54,6 a	23,2 b	23,4 b	0,74 *

* (p<0,001); ¹Soja tostada a 140°C - 145° C + descanso por 30 minutos em barris à temperatura média de 100°C.

Fonte: Adaptado de Fathi-Nasri et al. (2008).

Os aminoácidos arginina, lisina, glutamina e aspartano são degradados no rúmen em maior extensão; já a leucina, isoleucina, metionina, fenilalanina, tirosina e treonina, de modo intermediário. Por outro lado, a alanina e a valina são degradadas em menor extensão (Fathi-Nasri et al., 2008).

Fathi-Nasri et al. (2008) relataram que o tratamento térmico foi eficiente na proteção da proteína da degradação ruminal, alterando o sítio de digestão dos aminoácidos sem comprometer a digestibilidade intestinal ou total dos aminoácidos. Nas Tabelas 7 e 8, são apresentados os resultados encontrados por esses pesquisadores. A destruição dos inibidores de tripsina pode ser responsável em parte pelo aumento da digestibilidade intestinal do nitrogênio e de aminoácidos observados para a soja tostada ou extrusada (Aldrich et al., 1997; Fathi-Nasri et al., 2008).

Tabela 7. Digestibilidade intestinal da proteína bruta, aminoácidos (AA) totais e individuais da PNDR da soja crua ou tostada.

	Soja integral			s.e.m.
	Crua	Tostada (140°C)	Tostada + steep ¹	
Proteína bruta	61,5% c	74,0% b	82,0% a	1,13 *
Aminoácidos (% AA Total, g/100g)				
AA totais	67,2 c	76,6 b	82,5 a	1,12 *
Essenciais				
Arg.	71,6 c	82,2 b	87,7 a	1,20 *
His	72,4 c	81,8 b	87,5 a	1,23 *
Ile	64,5 c	79,0 b	83,8 a	1,07 *
Leu	68,4 c	80,0 b	84,8 a	1,10 *
Lys	72,4 c	77,0 b	81,5 a	1,00 *
Met	66,4 c	74,2 b	79,8 a	1,36 *
Phe	65,8 c	72,2 b	79,2 a	1,16 *
Thr	63,5 c	74,8 b	83,2 a	1,22 *
Val	62,1 c	71,5 b	78,0 a	1,12 *
Não essenciais				
Ala	61,4 c	67,8 b	76,6 a	1,19 *
Asp	68,5 c	76,2 b	83,2 a	1,20 *
Glu	68,4 c	78,3 b	84,0 a	1,10 *
Gly	62,4 c	72,0 b	77,0 a	0,93 *
Ser	68,6 c	74,5 b	80,2 a	1,12 *
Tyr	63,0 c	73,2 b	80,0 a	0,96 *

* ($p < 0,001$); ¹ Soja tostada a 140°C - 145°C + descanso por 30 minutos em barris à temperatura média de 100°C.

Fonte: Adaptado de Fathi-Nasri et al. (2008).

Segundo Romagnolo et al. (1994), aminoácidos hidrofílicos são mais propensos à degradação ruminal que aqueles hidrofóbicos. Interações significativas ocorrem entre o tratamento térmico e o tamanho da partícula, interferindo na solubilidade de todos os aminoácidos. O tratamento térmico reduziu a degradabilidade dos aminoácidos no rúmen, entretanto a redução do tamanho da partícula aumenta a solubilidade, a degradabilidade e a taxa de degradação dos aminoácidos da soja crua ou tostada, sendo mais intensa na soja crua (Lykos e Vargas, 1995).

Tabela 8. Digestibilidade total da proteína bruta, aminoácidos (AA) totais e individuais da soja crua ou tostada.

	Soja integral			s.e.m.
	Crua	Tostada (140°C)	Tostada + steep ¹	
Proteína Bruta	82,4%	79,9%	86,2%	1,51
Aminoácidos (% AA Total, g/100g)				
AA totais	85,8 a	82,4 b	87,0 a	0,97 *
Essenciais				
Arg.	88,6	87,1	91,1	0,99
His	87,9	86,3	90,6	1,0
Ile	83,6 b	83,5 b	87,5 a	0,94 *
Leu	85,4	85,1	88,6	0,95
Lys	88,4 a	83,2 b	86,6 a	0,84 *
Met	84,5	80,0	84,4	1,25
Phe	84,4 a	78,6 b	84,2 a	1,04*
Thr	83,3 b	80,8 b	87,3 a	1,02 *
Val	82,8 a	78,2 b	83,0 a	1,12 *
Não essenciais				
Ala	82,6 a	75,4 b	82,0 a	1,12 *
Asp	86,9 a	82,8 b	87,6 a	1,00 *
Glu	87,2 a	83,7 b	88,1 a	0,90 *
Gly	83,1 a	78,3 b	82,4 a	0,89 *
Ser	86,4 a	80,8 b	85,0 a	0,98 *
Tyr	83,2 a	79,4 b	84,6 a	0,85 *

* (p<0,001); ¹Soja tostada a 140°C - 145° C + descanso por 30 minutos em barris à temperatura média de 100°C.

Fonte: Adaptado de Fathi-Nasri et al. (2008).

A quantidade e o perfil de aminoácidos que chegam ao intestino delgado pós-degradação ruminal de alimentos, como a soja crua, podem ser manipulados com os processamentos de tostagem ou extrusão. O aumento da proteína sobrepastada da soja aumenta a quantidade de aminoácido disponível para absorção intestinal (Stern et al., 1985; Tice et al., 1993) desde que o tratamento térmico não comprometa a digestibilidade dos aminoácidos.

4. PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

Os grãos de soja são ricos em lipídios insaturados, cerca de 79%, e apresentam uma gordura até certo ponto protegida da alteração ruminal, pois possuem os lipídios presos na matriz proteica da semente. Isso minimiza efeitos dos lipídios sobre o metabolismo ruminal, devido à liberação lenta dos lipídios, mesmo na forma de grão cru moído em comparação aos óleos, conforme observado por Jiang et al. (1996) e Lawless et al. (1997). A associação dos lipídios a proteínas exerce um fator benéfico na proteção das proteínas e dos aminoácidos durante o processamento com calor. Na

Tabela 9, pode ser visto o perfil de ácidos graxos médio dos grãos de soja integral crua comparado a outras sementes oleaginosas. A soja, em comparação ao caroço de algodão, destaca-se como fonte de ácido linolênico.

Tabela 9. Composição de ácidos graxos de algumas sementes de oleaginosas.

Oleaginosa	Teor de AG	Conteúdo de AG (g/100g AG)								
	(g/100g de MS)	14:00	16:00	16:01	18:00	18:01	18:02	18:03	20:00	22:01
Grão soja	18,0	0,2	10,7	0,3	3,9	22,8	50,8	6,8	0,2	-
Caroço algodão	18,6	0,8	25,3	-	2,8	17,1	53,2	0,1	0,1	-
Colza	38,0	4,3	-	0,3	1,7	59,1	22,8	8,2	0,5	0,9
Girassol	34,7	0,1	5,5	-	-	3,6	21,7	68,5	0,1	0,1

Fonte: Dados compilados de Berchielli et al. (2006).

O tipo de processamento da soja crua não promove alterações significativas no perfil de ácidos graxos, como apresentado na Tabela 10, mas pode alterar a extensão da bio-hidrogenação ruminal e as respostas nos teores de ácidos graxos do leite.

Tabela 10. Composição de ácidos graxos da soja integral crua, tostada, extrusada ou micronizada.

Ácidos graxos (AG)	Soja integral (g/100g AG totais)			
	Crua	Tostada	Extrusada	Micronizada
C16:0	12,35	12,47	12,56	11,96
C18:0	4,13	3,96	4,11	3,96
C18:1	24,07	23,37	24,09	22,65
C18:2	52,19	52,6	51,54	54,04
C18:3	5,9	6,27	6,33	6,1

Fonte: Adaptado de Chouinard et al. (1997b).

Os ácidos graxos oleico, linoleico e linolênico representam os principais ácidos graxos dos grãos de soja, e os ácidos saturados constituem cerca de 17% dos ácidos graxos totais (Abughazaleh et al., 2002).

O processo de tostagem influencia pouco na extensão de bio-hidrogenação ruminal e digestibilidade intestinal dos ácidos graxos da soja crua, segundo Tice et al. (1994). Por outro lado, o processo de extrusão expõe os ácidos graxos, principalmente C18:2 e C18:3, à bio-hidrogenação ruminal, resultando em aumento do intermediário trans-11 C18:1 no rúmen e conseqüente aumento desse intermediário na gordura do leite (Chouinard et al., 1997a). Já a redução no tamanho da partícula resulta em maior taxa de bio-hidrogenação ruminal. Desse modo, a soja grão ou partículas grandes exercem menor influência sobre o metabolismo ruminal e favorecem um maior aporte de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente C18:2 e C18:3, para absorção intestinal.

5. FATORES ANTINUTRICIONAIS DA SOJA

A soja possui fatores antinutricionais que são divididos em termolábeis e termoestáveis. Os termolábeis são: inibidores de proteases, hemaglutininas, goitrogênicos, antivitaminas e os fitatos; os termoestáveis são: saponinas, estrógenos, fatores de flatulência, lisinoalanina e os alérgenos (Liener, 1981).

Existem diferenças entre as espécies animais quanto às reações a diversas substâncias nocivas presentes, inclusive, nos alimentos. Entre as espécies monogástricas e ruminantes, as diferenças ocorrem principalmente devido à ação dos microrganismos do rúmen. Em várias ocasiões, esses promovem a degradação de substâncias prejudiciais em substâncias inofensivas (Bondi e Alumot, 1987).

Em ruminantes, adultos e sadios, os fatores antinutricionais da soja apresentam pouco comprometimento no desempenho animal, graças à capacidade dos microrganismos em desativar esses fatores deletérios. Contudo, alguns pesquisadores relatam que a digestibilidade intestinal da proteína da soja pode ser comprometida em animais de alta produção ou quando os níveis de suplementação com soja crua são mais elevados. Isso pode ocorrer porque a capacidade ruminal de inativação dessas substâncias pode ser superada pela alta taxa de passagem ou pela grande quantidade de fatores antinutricionais que chegam ao rúmen. Deste modo, efeitos residuais dos fatores antitripsina não inativados no rúmen e que atingem o intestino delgado interferem na atividade enzimática de proteólise.

Já em animais jovens, pré-ruminantes, os efeitos são limitantes, e a adição de soja crua compromete o desempenho desses animais. O tratamento com calor (tostagem, extrusão, entre outros) elimina a maioria dos fatores antinutricionais como: inibidores de proteases, responsáveis por 40% dos efeitos negativos da soja crua; hemaglutininas; goitrogênicos; antivitaminas e os fitatos. Todavia, não elimina os fatores termoestáveis, sendo assim necessários outros métodos para eliminação principalmente dos fatores de flatulência e alergênicos. Dessa forma, o fornecimento de soja integral, mesmo que tratada termicamente, pode reduzir o desempenho de bezerros jovens, com menos de quatro meses, em decorrência de distúrbios gastrointestinais (Kilshaw e Sisson, 1979).

6. CONTROLE DE QUALIDADE DA SOJA TRATADA

A atividade ureática é o procedimento mais utilizado para avaliar a eficiência dos tratamentos térmicos impostos aos produtos da soja. A soja crua possui grande quantidade de enzima uréase, que não é considerada fator antinutricional, mas possui resistência térmica semelhante ao inibidor de tripsina, sendo usada largamente como um índice para determinar o tempo de processamento adequado (Wright, 1981). Contudo, esse método não é capaz de indicar a ocorrência de excesso de tratamento térmico, sendo necessária a associação com outros métodos, como a solubilidade da proteína em KOH.

A solubilidade da proteína avalia o grau de processamento da soja. A faixa de variação da solubilidade de 73 a 85% parece ser consistente com o processamento ideal. Valores abaixo de 70% indicam superaquecimento e acima de 85% relacionam-se à soja subprocessada. A solubilidade em KOH consiste em utilizar o KOH 0,2% para solubilizar a proteína que não foi desnaturada pelo calor.

7. METABOLISMO RUMINAL

A adição de grão de soja em dietas até níveis de 5% de extrato etéreo pode ser uma estratégia interessante, potencializando a eficiência de uso de energia e proteína, pois a presença de lipídios poli-insaturados pode levar a uma redução na população de protozoários ciliados e de bactérias metanogênicas no rúmen (Nagaraja et al., 1997). Tal fato, por sua vez, provoca redução considerável na reciclagem de nitrogênio bacteriano no rúmen, aumento no número de bactérias, redução na concentração de anômnia (Jenkins, 1993), os quais, associados a um aumento na taxa de passagem de sólidos, contribuem para melhor eficiência de síntese microbiana (Doreau e Ferlay, 1995). A adição de lipídios reduz a produção de metano (Dohem et al., 2000; Machmuller et al., 2000; McGinn et al., 2004) e aumenta a produção de propionato, seja pela ação direta sobre as bactérias metanogênicas (Dong et al., 1997; Machmuller, 2006) ou pela redução de substrato fermentável no rúmen (Johnson e Johnson, 1995).

A adição de 23,5% no material natural de soja integral crua e moída, em dietas de silagem de sorgo, com 7% de extrato etéreo (EE), não comprometeu os parâmetros ruminiais, e os valores de pH aumentaram de 6,25 para 6,50 (Vargas et al., 2002). Já Schauff et al. (1992a) adicionaram 16% (%MS) de soja extrusada ou 10% (%MS) de soja crua em dietas à base de silagem de milho e feno de alfafa, com 4% e 5% de EE, respectivamente, e também não observaram alterações nos valores de pH, ácidos graxos totais, acetato, propionato, relação acetato:propionato ou teores de amônia no líquido ruminal. Entretanto, Tice et al. (1993) encontraram melhorias no padrão de fermentação da dieta (55% silagem milho: 45% concentrado) com a adição de 20% de soja crua ou tostada com diferentes tamanhos de partículas. Houve aumento nos teores de acetato e da relação acetato:propionato, e manutenção do pH em valores mais elevados, aumentando a digestibilidade total da FDN e o aporte de matéria orgânica microbiana ao duodeno, sem comprometer, assim, a síntese microbiana que se manteve em 31,4g/kg de matéria orgânica digestível. A diminuição no tamanho da partícula da soja tostada não alterou a fermentação ruminal, mas tendeu a diminuir a PNDR.

8. Bio-hidrogenação ruminal

No rúmen, o número de microrganismos capazes de hidrolisar lipídios é reduzido, em função do baixo potencial de oxirredução presente, os quais são característicos de ambientes anaeróbicos (Hungate, 1969). A espécie *Anaerovibrio lipolytica* consegue

utilizar lipídios como fonte de energia, fermentando o glicerol a propionato e a succinato (Stewart et al., 1997). Os protozoários não são capazes de realizar atividade lipolítica.

Certos ácidos graxos, especialmente os poli-insaturados, exercem efeitos tóxicos à flora ruminal, sendo as bactérias Gram positivas, as metanogênicas e os protozoários os mais susceptíveis. A toxicidade está relacionada à natureza anfifílica, ou seja, esses ácidos são solúveis tanto em solventes orgânicos como em água. Isto garante aos ácidos graxos poli-insaturados a capacidade de se ligar a membranas celulares, com potencial para romper a estrutura da membrana daqueles microrganismos e inibir o crescimento (Palmquist e Mattos, 2006).

Todavia, os microrganismos ruminais desenvolveram um mecanismo de autodefesa por meio do qual a maioria, cerca de 90%, dos lipídios que chega ao rúmen é alterada por processos de bio-hidrogenação, principalmente os ácidos graxos poli-insaturados. Recentemente, esse mecanismo tem sido muito estudado (Bauman e Griinari, 2001; Eifert, 2004) por causa dos aspectos nutracêuticos de alguns produtos dessa bio-hidrogenação, como é o caso do ácido linoleico conjugado (CLA) (Parodi, 1999), que apresenta importante benefício à saúde humana (Kelly et al., 1998; Chilliard et al., 2000).

As vias de bio-hidrogenação do ácido graxo linoleico e linolênico da soja são apresentadas na Figura 1. A bio-hidrogenação de ácidos graxos insaturados é um processo rápido, porém complexo, e envolve várias etapas (Kepler et al., 1966; Parodi, 1997). Apesar de os produtos finais da bio-hidrogenação serem variados, os predominantes são ácido esteárico (C18:0) e ácido octadecenoico (C18:1).

Contudo, o rúmen precisa de um período de adaptação de, pelo menos, três semanas para estabilizar a capacidade de bio-hidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados até o ácido esteárico. Desse modo, inclusões bruscas de grandes quantidades de soja integral resultam em altos níveis de ácidos graxos trans C18:1 no rúmen e aumento nos níveis de C18:2 e C18:3 que escapam da bio-hidrogenação. Palmquist e Mattos (1978) relataram que 68% do ácido linoleico foi bio-hidrogenado no rúmen de vacas em lactação. A qualidade da forragem, a relação volumoso:concentrado, os ingredientes da dieta e a taxa de passagem influenciam na extensão da bio-hidrogenação de fontes lipídicas.

Além disso, a velocidade com que os lipídios da fonte lipídica são solubilizados influencia na capacidade de bio-hidrogenação dos microrganismos. No grão de soja, a maioria dos lipídios se encontra no germen e presa à matriz proteica, portanto há necessidade de degradação da parede celular para que se inicie a hidrólise (Palmquist e Mattos, 2006). Em função disso, tais lipídios parecem estar pouco disponíveis para bio-hidrogenação em relação aos óleos de soja, mesmo quando incluídos na forma de grão cru moído, em dietas de vacas em lactação, conforme observado por Jiang et al. (1996) e Santos et al. (2001). Em experimentos *in vitro*, Reddy et al. (1994) demonstraram que os ácidos graxos da soja tostada sofreram menor bio-hidrogenação

do que os da soja crua ou extrusada, sugerindo que os ácidos graxos livres da soja tostada são parcialmente protegidos da ação das bactérias ruminais.

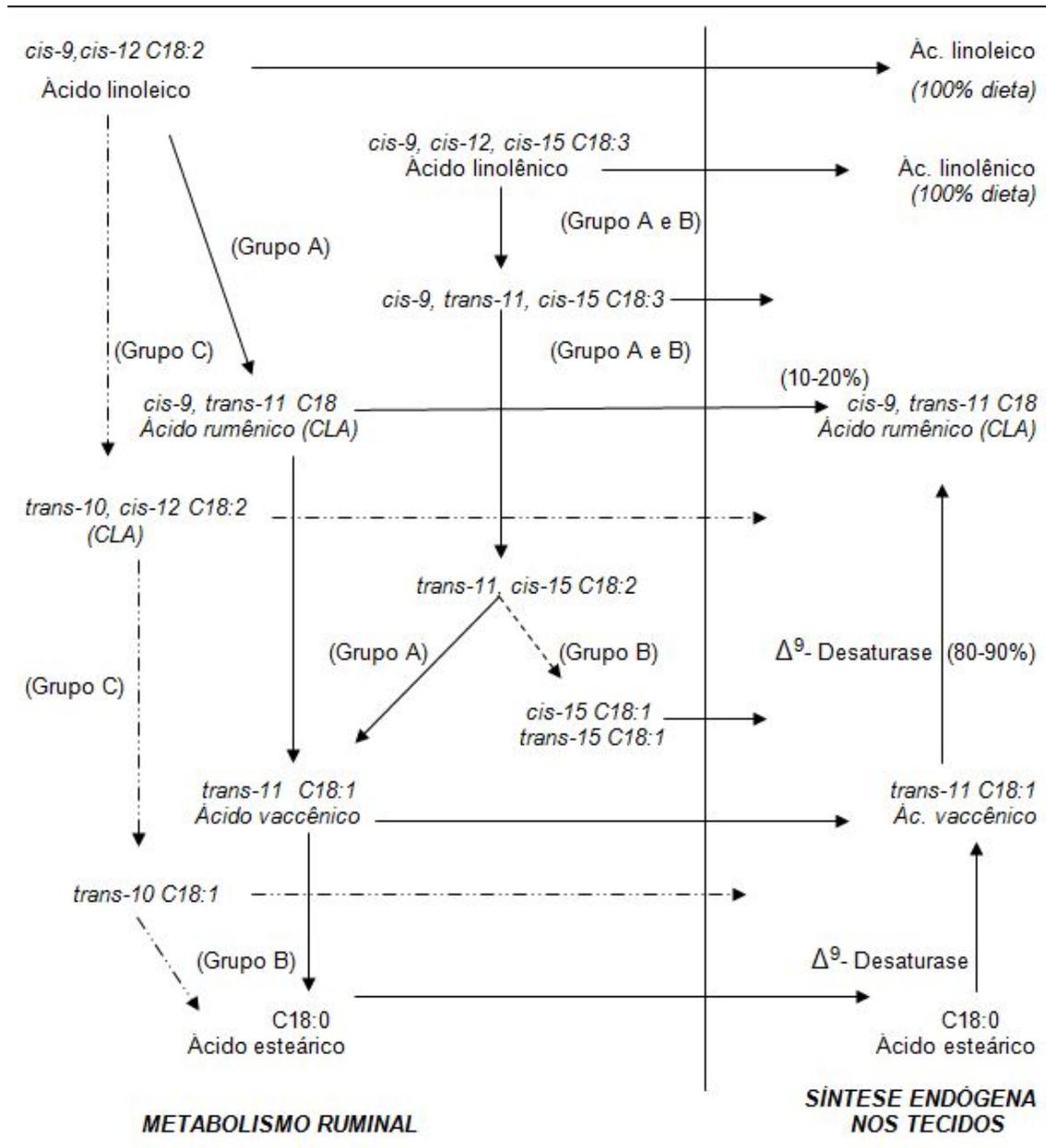


Figura 1. Possíveis vias de bio-hidrogenação do ácido linoleico e linolênico no rúmen e posterior incorporação e transformação de seus metabólitos no organismo animal. Fonte: Adaptado de Harfoot e Hazlewood (1997); Destailats et al. (2005).

Segundo Griinari et al. (1998), em situações dietéticas em que o ambiente ruminal é alterado, por exemplo, baixa fibra efetiva e alta quantidade de grãos podem reduzir o pH ruminal e alterar a população microbiana, causando desvio das rotas usuais de bio-hidrogenação ruminal, alterando a formação de $cis-9, trans-11$ C18:2 e $trans-11$ C18:1 para a formação de $trans-10, cis-12$ C18:2 e $trans-10$ C18:1, e conseqüente aumento

desses isômeros no rúmen e no leite. Assim, a suplementação com soja integral com níveis acima de 10%, em dietas ricas em concentrados, pode resultar em aumentos nos níveis de *trans*-10, *cis*-12 C18:2 e *trans*-10 C18:1. Esses ácidos estão envolvidos na inibição da atividade das enzimas acetil CoA carboxilase e do ácido graxo sintetase na glândula mamária, responsável pela síntese "de novo" dos ácidos graxos com até 16 carbonos (Piperova et al., 2000; Baumgard et al., 2002).

As bactérias do grupo A são compostas principalmente por *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Eubacterium spp.*, *Ruminococcus albus*, *Borrelia sp.*, *Micrococcus sp.*; as bactérias do grupo B, por sua vez, são compostas por *Fusocillus sp.*. Entretanto, sob condições de alto conteúdo de concentrado na dieta e de baixo pH ruminal, bactérias do grupo C, como *Pseudobutyrvibrio sp.* e *Megasphera elsdenii*, levam à formação de *trans*-10, *cis*-12C18:2 e *trans*-10 C18:1. Já a desaturação ocorre principalmente na mucosa intestinal, no tecido adiposo e na glândula mamária. O escape de certa quantidade de ácidos graxos poli-insaturados da lipólise e bio-hidrogenação ruminal permite que esses sejam absorvidos pela mucosa intestinal e incorporados diretamente nos produtos, leite e carne dos ruminantes. O número de organismos lipolíticos e bio-hidrogenadores é reduzido em dietas contendo alta taxa de grãos - baixa forragem, causando aumento de ácidos graxos insaturados (C18:2) na gordura do leite (Palmquist e Jenkins, 1980).

9. DEGRADABILIDADE E DIGESTIBILIDADE DA FIBRA

A adição de soja integral na dieta de vacas em lactação tem resultados variáveis sobre a degradabilidade da fibra. Vários fatores estão associados influenciando a digestibilidade da fibra, como o nível de inclusão da soja, a forma de processamento, o tipo e a qualidade da forragem, além da quantidade de concentrado da dieta. De modo geral, o aumento da qualidade e quantidade de fibra na dieta e o fornecimento da soja grão ou partículas maiores são formas de minimizar os efeitos deletérios sobre a degradabilidade da fibra.

A adição de sais de cálcio/magnésio na dieta pode minimizar ou reduzir o efeito tóxico dos lipídios; esses formam complexos com os ácidos graxos, (sabões de cálcio/magnésio insolúveis que são atóxicos). Tal processo é dependente do pH, isto é, em pH ácido, os sabões de cálcio ou magnésio são quebrados e ocorre liberação do ácidos graxos, sendo, então, pouco eficientes em dietas que propiciem a redução do pH ruminal.

A depressão da degradabilidade da fibra pode estar associada a quatro teorias, segundo Devendra e Lewis (1974):

1. cobertura física da fibra pela gordura, prevenindo o ataque microbiano;
2. modificação da população microbiana do rúmen devido a um possível efeito tóxico da gordura sobre certos microrganismos;
3. redução da disponibilidade de cátions para formação de complexo com longas cadeias de ácidos graxos;

4. inibição da atividade microbiana de superfície - efeito ativo dos ácido graxos sobre as membranas celulares.

Por outro lado, aumentos na digestibilidade da fibra podem ocorrer quando a soja crua, tostada ou extrusada é incluída até níveis de 10%, em dietas com até 5% EE, pois a inclusão de soja aumenta a densidade energética da dieta e possibilita aumentar a proporção de fibra, reduzindo, assim, a quantidade de concentrado que favorece melhores condições ruminais para a degradação da fibra (Bernard, 1990; Schauff et al., 1992a). Grum et al. (1996) não observaram comprometimento na digestibilidade aparente das frações de FDN e FDA em dietas à base de feno de alfafa e silagem de milho com baixa ou alta relação volumoso:concentrado, adicionadas ou não de 10% de grão de soja.

Entretanto, quando Neves et al. (2007) incluíram 25,6% de soja extrusada em dietas à base de silagem de milho, atingindo um teor de 8% de extrato etéreo da dieta, houve redução da digestibilidade da FDN e FDA, de 62,8% para 53,3% e de 60,4% para 51,7%, respectivamente. Reddy et al. (1994) concluíram que óleo de soja e soja extrusada causam menor digestibilidade do FDN e FDA, devido à maior quantidade de óleo livre no rúmen, o que interfere no metabolismo ruminal da fibra. Segundo Maczulak et al. (1981), os ácidos graxos livres causam efeitos inibitórios no crescimento dos microrganismos que degradam a fibra.

O efeito do processamento da soja sobre a digestibilidade aparente da FDN foi avaliado por Scott et al. (1991) em vacas Holandesas, com produção média de 36kg, recebendo 3,6kg de soja/dia. Esses pesquisadores observaram que os maiores valores de digestibilidade foram obtidos para as dietas com soja crua quebrada (57,4% a), e os inferiores para soja crua moída (46,8% b), soja tostada (46,4% b) ou soja extrusada (42,1% b). Esses resultados refletem que o tamanho da partícula da soja apresenta maior influência na digestibilidade da fibra que o processamento térmico.

Rabello et al. (1996) avaliaram a inclusão de grãos de soja moído, nos níveis de 0, 15, 30 e 45% em concentrados de vacas no terço inicial de lactação. Esses autores não observaram diferença na digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da MS, matéria orgânica (MO), carboidratos totais, FDN, PB e EE, bem como nos coeficientes de absorção ruminal, intestinal e aparente do Ca, P, Mg, K e Na, pela inclusão dos níveis de grão de soja moído no concentrado até o nível de 45%. Da mesma forma, Salla et al. (2003) não observaram efeito negativo da adição de grãos de soja crua moídos, na dieta de vacas no início da lactação, até o nível de 6,3% de EE sobre a digestibilidade do volumoso e, conseqüentemente, sobre o consumo.

10. CONSUMO DE ALIMENTO

A principal limitação quanto à utilização de sementes de oleaginosas na dieta de ruminantes é a elevação do teor de extrato etéreo da dieta e, particularmente, os níveis de ácidos graxos insaturados que podem exercer efeito sobre o consumo e,

como consequência, sobre a produção de leite (Allen, 2000). Contudo, durante o verão, no Texas, Chan et al. (1997) observaram que a adição de 7,4% de gordura na dieta em relação ao nível de 4,6% melhorou a conversão alimentar sem alterar a produção ou a composição do leite de vacas da raça Holandesa.

Embora a concentração energética em lipídios seja maior que em carboidratos e proteínas, elevadas quantidades de lipídios podem reduzir o consumo e a quantidade de energia ingerida (NRC, 2001). Os mecanismos pelos quais a elevação dos níveis de lipídios afeta o consumo ainda são pouco compreendidos.

Fatores com ação potencial sobre o consumo incluem a aceitabilidade das dietas, os efeitos sobre a motilidade ruminal e intestinal, a liberação de hormônios intestinais e a oxidação dos lipídios pelo fígado (NRC, 2001). Allen (2000) sugere que fatores metabólicos estejam relacionados à redução no consumo, visto que a digestibilidade ruminal da fração fibrosa é pouco afetada pelo uso de lipídios insaturados em dietas com, no mínimo, 50% de forragem (Bateman e Jenkins, 1998). Além disso, Eifert et al. (2005) concluíram que a limitação de consumo pelo efeito de enchimento ruminal, a partir da redução da digestibilidade da FDN ou pelo incremento energético, não justifica a redução no consumo de MS nas dietas com óleo, indicando que fatores metabólicos podem estar envolvidos.

Mertens (1994) sugere que o consumo é regulado, entre outros fatores, pelas características dos alimentos. Em dietas ricas em energia, a inclusão de soja integral pode interromper o consumo antes do efeito do enchimento ruminal, ao atender os requerimentos de produção. Isso foi observado por Grum et al. (1996), ao adicionarem 10% (%MS) de soja crua em dietas de alta (70% de concentrado) ou baixa energia (55% de volumoso). A adição de soja crua em dietas com baixa energia pode aumentar o consumo porque a substituição de parte do amido do milho pela soja resulta em melhores condições ruminais e melhor digestibilidade da fibra.

A composição da dieta basal pode influenciar os resultados da adição de soja integral na dieta. Efeitos negativos sobre a fermentação ruminal ou o consumo de matéria seca são mais prováveis em dietas cujo principal volumoso é a silagem de milho, quando a relação volumoso:concentrado é baixa, ou ainda, quando o tamanho da partícula da fração volumosa é pequena (3,0mm), o que reduz a efetividade da fibra. A redução no consumo pode ser eliminada, quando os níveis de FDN e tamanho da partícula são aumentados (FDN > 29% e 3,3mm, respectivamente). Isto indica que a fibra efetiva da ração precisa ser considerada, quando soja integral for adicionada em dietas para vacas de leite (Grant e Weidner, 1992).

A substituição do farelo de soja pela soja grão (18% da MS) crua ou tostada com diferentes tamanhos de partículas (4,75mm a >1mm) não comprometeu o consumo das dietas à base de silagem de milho e feno de alfafa, sugerindo que o tipo de processamento apresentou pouca influência no consumo de MS da dieta (Dhiman et al., 1997, 2000). De modo semelhante, Chouinard et al. (1997b) observaram que a adição de soja crua ou extrusada em diferentes temperaturas, até 23% da MS da

dieta, com 6% EE, em substituição ao farelo de soja, não comprometeu o consumo de matéria seca de vacas Holandesas multíparas produzindo média de 36kg de leite. Já Fathi-Nasri et al. (2007) observaram aumento na ingestão de matéria seca da dieta à base de feno de leucena e silagem de milho com o uso de soja integral tostada em comparação à soja crua. Segundo esses pesquisadores, os lipídios da soja tostada podem ter exercido menor influência sobre o metabolismo ruminal, e o maior aporte de proteína ao intestino delgado estimulou o aumento da produção e, conseqüentemente, o apetite dos animais.

Contudo, Vargas et al. (2002) relataram reduções de 20% no consumo da dieta à base de silagem de sorgo, por vacas Holandesas e mestiças Holandês-Zebu, no início da lactação (30 dias pós-parto), produzindo 20 litros/dia, com o uso de soja crua. Entretanto, a substituição do farelo de soja por 23,5% de soja crua moída não resultou em perdas de produtividade ou alteração dos parâmetros fermentativos.

Duarte et al. (2005) avaliaram o consumo de vacas Jersey, nos primeiros 100 dias de lactação, alimentadas com dietas à base de silagem de milho e feno de alfafa, contendo soja integral crua moída (15% da MS), sebo ou gordura protegida, atingindo 6% EE na dieta total. O consumo de MS, FDN e as características comportamentais (Salla et al., 2003) foram semelhantes entre as dietas. Outro aspecto a considerar é que, aparentemente, as fontes de gordura adicionadas foram palatáveis ou, pelo menos, não alteraram negativamente o apetite dos animais (Davis, 1993; NRC, 2001).

Já Abel-Caines et al. (1998) e Neves et al. (2007) avaliaram o processamento da soja com lingsulfato durante a tostagem ou extrusão, respectivamente, em comparação à soja crua, tostada ou extrusada sem tratamento químico, e não observaram diferenças no consumo de matéria seca. Isso sugere que o tratamento químico não comprometeu a palatabilidade do alimento.

Para Deresz et al. (1996), a inclusão de até 40% de soja grão crua no concentrado para vacas em lactação não altera o consumo de MS, embora uma redução fosse passível de ocorrer, em razão da maior densidade energética proporcionada pelo elevado teor de óleo na soja integral. Isso resultou em aumento na ingestão total de extrato etéreo e redução no consumo total de proteína bruta, em comparação a dietas com farelo de soja. Já Scott et al. (1991) observaram que a adição de 35% de soja integral no concentrado, seja crua (grão ou moído), tostada ou extrusada, não comprometeu o consumo de MS de vacas Holandesas de alta (36kg) ou média (25kg) produção.

11. DESEMPENHO ANIMAL

Vacas alimentadas com soja grão crua ganharam menos peso do que as alimentadas sem esse ingrediente (Deresz et al., 1996). Segundo Palmquist e Conrad (1978), os concentrados sem soja integral contêm teor mais elevado de carboidratos não estruturais, o qual poderia ocasionar um maior suprimento de propionato,

proporcionando maior liberação de insulina, alterando, conseqüentemente, a partição dos nutrientes em favor do tecido muscular e adiposo. Além disso, a suplementação pré-parto com sementes de oleaginosas eleva a subseqüente taxa de concepção de fêmeas primíparas, contudo diferentes respostas produtivas podem ocorrer em função da quantidade, do tipo e do processamento da oleaginosa, o que acaba alterando o fluxo duodenal de ácidos graxos insaturados (Pires e Ribeiro, 2006). O número e a qualidade dos folículos foram aumentados quando vacas foram suplementadas com ácidos linoleico e linolênico, segundo Robison et al. (2002). De fato, esses autores sugerem que os ácidos graxos poli-insaturados modificam vários parâmetros reprodutivos.

11.1. Produção de leite

Alguns pesquisadores sugerem que a inclusão de grãos de soja moídos em dietas para vacas em lactação pode aumentar tanto a produção de leite quanto a duração da lactação, devido ao maior aporte energético fornecido pelos lipídios (Baker, 1986). Segundo Schingoethe e Casper (1991), a adição de soja integral no início da lactação aumenta o pico de produção de leite e a produtividade ao longo da lactação. Contudo, a literatura tem divergido quanto às respostas à suplementação com soja integral para vacas de leite, dependendo da fase da lactação, da forma e do nível utilizado, bem como da possibilidade de o maior aporte de energia na dieta ser direcionado a outras funções fisiológicas, como a manutenção dos tecidos ou a reprodução (Palmquist, 1994).

Estudando a possibilidade de substituir totalmente o farelo de algodão por grão de soja crua moída como suplemento proteico para vacas em lactação, Campos (1972) verificou que as duas fontes proteicas não diferiram entre si quanto à produção de leite corrigida para 4% de gordura. Além disso, a substituição parcial do farelo de soja e do milho por 10% de soja extrusada não comprometeu a produção de leite (kg/dia) ou leite corrigido para gordura (Bernard, 1990; Abughazaleh et al., 2002) e, em determinadas situações, pode aumentar a produção de leite (Dhiman et al., 1999). Oliveira et al. (2007) observaram que a inclusão de 15% de soja extrusada em dietas com alto (60%) ou baixo (40%) conteúdo de silagem de milho não comprometeu a produção de leite em comparação à dieta-controle com farelo de soja. Já Knapp et al. (1991) encontraram respostas positivas na produção de leite com o aumento no nível de inclusão de soja extrusada até 24% da MS total.

Por outro lado, Santos et al. (2001) adicionaram 23,5% de soja crua moída em dietas à base de sorgo, em substituição total ao farelo de soja e parcialmente ao milho. Isso possibilitou aumento da participação do volumoso na dieta, sem comprometer a produção de leite e de leite corrigido para gordura. Duarte et al. (2005) compararam a inclusão de fontes de gordura suplementar na dieta à base de silagem de milho e constataram que a inclusão de 15% de soja crua resultou em produções de leite semelhantes àquelas obtidas com a suplementação com sebo (2,7% da MS), não diferindo da dieta-controle.

Grant e Weidner (1992), trabalhando com vacas em lactação, concluíram que a suplementação com grãos de soja não comprometeu a produção de leite corrigida para 4% de gordura, independentemente do nível de fibra da ração. Além disso, quando as vacas foram alimentadas com silagem de alfafa finamente picada ou com baixa porcentagem de fibra na dieta, o uso da soja aumentou a eficiência de produção. Não houve interações entre a adição de soja crua e a porcentagem de fibra ou o tamanho da partícula em relação à atividade ruminal.

Vacas suplementadas com soja extrusada geralmente produziram mais leite do que vacas alimentadas com soja crua, no entanto essa diferença desaparece com a correção do leite para 4% de gordura, não apresentando, assim, vantagens em relação à utilização da soja crua (Van Dijk et al., 1983; Chouinard et al., 1997a, b; Neves et al., 2007). Scott et al. (1991) avaliaram o processamento térmico da soja (tostagem ou extrusão) em comparação à soja crua grão ou moída em vacas de alta e média produção, não observando diferença na produção de leite, de gordura ou proteína. A moagem da soja ou o processamento térmico elevou os custos sem refletir em maior produção.

Por outro lado, Tice et al. (1993) relataram que a utilização da soja tostada (19% MS) aumentou a produção de leite comparada ao tratamento com soja crua, em rações de mesmo valor nutritivo, possivelmente devido ao aumento da proteína não degradável no rúmen. A produção e a composição do leite não foram afetadas pelo tamanho da partícula da soja tostada. Resultados semelhantes foram descritos por Dhiman et al. (1997), que relataram maior produção de leite corrigida para 3,5% de gordura para vacas consumindo 18% de soja tostada em comparação à soja crua. Contudo, a redução do tamanho da partícula da soja tostada levou à redução da produção de leite e de leite corrigido para gordura.

Pouca informação está disponível sobre as respostas produtivas de animais sob condições de pastejo e suplementados com soja integral. Os resultados de Vilela et al. (2003) mostraram que, sob condição de pastejo de *coastcross*, a suplementação com 3kg/animal/dia com soja tostada aumentou a produção diária de leite, de leite corrigido para 3,5% de gordura e o teor de gordura do leite, indicando que o aumento do aporte energético e o menor incremento calórico beneficiaram a produção dos animais sob pastejo.

De modo geral, o uso de soja crua, tostada ou extrusada, em substituição ao farelo de soja, não compromete a produtividade e, em algumas situações, tende a melhorar a eficiência de uso da energia, de modo que a magnitude das respostas depende sobretudo da fase da lactação, do nível de inclusão da soja e da qualidade da dieta basal.

11.2. Composição do leite

As informações a respeito do efeito dos grãos de soja integral nos teores de gordura e proteína do leite não são conclusivas. De modo geral, os teores de lactose, sólidos totais desengordurados, densidade e índice crioscópico não são alterados com o uso

de soja integral. A suplementação com lipídios pode provocar decréscimo no teor de proteína do leite, mas a produção (g/dia) quase sempre aumenta, acompanhando o aumento de produção de leite. Fatores como nível de inclusão de soja, tipo de forragem da dieta e tamanho da partícula irão influenciar na depressão ou não da gordura do leite com o uso de soja integral.

O processamento físico (grão inteiro ou moído) da soja crua (Scott et al., 1991) ou tostada (Pires et al., 1996) não altera o teor de proteína ou gordura do leite, mas o processamento térmico (tostagem ou extrusão) pode reduzir os teores de proteína do leite, sem alteração do teor de gordura comparado à soja crua (Scott et al., 1991). Isso pode ocorrer quando há um superprocessamento da soja comprometendo a digestibilidade dos aminoácidos da PNDR. Chouinard et al. (1997b) observaram que a soja extrusada resultou em menor teor de proteína do leite comparada à soja tostada, sem comprometimento dos demais constituintes do leite. Segundo o autor, a redução no teor de proteína pode estar associada ao efeito de diluição proporcionado pela maior produção de leite, já que a produção diária de proteína foi semelhante. Entretanto, Van Dijk et al. (1983) e Neves et al. (2007) relataram que a porcentagem de gordura do leite e a produção diária de gordura foram menores nos animais suplementados com soja extrusada em comparação à soja crua, sem comprometimento dos outros componentes do leite ou da produção de leite. A depressão na produção de gordura pode estar associada à mudança na proporção de ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen, normalmente com um aumento do propionato (acima de 30%) e diminuição do acetato e butirato (abaixo de 50%) ou ainda pelo efeito de lipídios poli-insaturados de cadeia longa (*trans*-10 C18:1 e *trans*-10, *cis*-12 C18:2), que exercem efeito depressor na síntese da gordura do leite.

Já a substituição do farelo de soja pela soja crua na ração de vacas em lactação pode resultar em redução significativa nos teores de proteína do leite, sem alteração nos teores de gordura, extrato seco total e extrato seco desengordurado (Mielke e Schingoethe, 1981). Os estudos de Faldet e Satter (1991) indicaram redução do teor de proteína no leite de vacas que receberam 13% de soja crua ou tostada em substituição ao farelo de soja, no início da lactação até 120 dias pós-parto, porém os teores de gordura não foram comprometidos, e a produção de leite aumentou cerca de 4kg com o uso de soja tostada. Pires et al. (1996) observaram redução no teor de proteína do leite com a inclusão de 18% de soja tostada inteira ou moída. Tal fato pode estar associado ao menor aporte de aminoácidos essenciais ao intestino delgado em comparação ao farelo de soja.

A causa dessas reduções ainda não é totalmente esclarecida. Palmquist e Conrad (1978) sugerem que possa estar relacionada à inibição da atividade da insulina, afetando a utilização de aminoácidos na síntese de proteína do leite. Evidências na literatura sugerem que, quando existe um aumento na proporção de energia originária da oxidação de ácidos graxos na glândula mamária, ocorrem alterações no fluxo sanguíneo e na disponibilidade de aminoácidos a serem incorporados no leite.

Já Santos et al. (2001) e Duarte et al. (2005) não observaram alteração na composição do leite (porcentagem de proteína, gordura, sólidos totais, densidade) com a suplementação de 23,5% ou 15,0% de soja integral crua, respectivamente, nas dietas de vacas no início da lactação. Bernard et al. (1990) e Fathi-Narsi et al. (2008) concluíram que o uso de 10-12% de soja crua ou tostada não alterou a composição do leite de vacas comparada a dietas com farelo de soja. O processamento térmico não influenciou na porcentagem de proteína ou gordura do leite (Mogensen et al., 2008).

O uso de soja extrusada em níveis de 10-16% da MS da dieta, em substituição ao farelo de soja, não altera os teores de proteína, gordura e sólidos totais do leite de vacas alimentadas com silagem de milho e feno de alfafa (Schauff et al., 1992b; Dhiman et al., 1999; Ramaswamy et al., 2001; Abughazaleh et al., 2002). Segundo Oliveira et al. (2007), a inclusão de 15-17% de soja extrusada em dietas com alto ou baixo teor de silagem de milho em substituição ao farelo de soja e ao milho não alterou os teores de proteína bruta do leite, mas propiciou reduções nos níveis de nitrogênio não proteico do leite, indicando melhorias no aproveitamento da proteína da dieta.

As informações a respeito do efeito dos grãos de soja integral no teor de gordura do leite não são conclusivas. De acordo com Tice et al. (1993), a utilização da soja crua ou tostada não altera os teores de gordura do leite se for mantida uma relação molar de 2,5 de acetato:propionato, o que está de acordo com Rabello (1995) e McGuire et al. (1996).

11.3. Perfil de ácidos graxos do leite

Davis e Brown (1970) sugeriram que a depressão da gordura do leite estava associada a aumentos dos níveis de ácidos graxos monoenoicos *trans* no leite. Porém, somente com o aperfeiçoamento das técnicas de análises dos ácidos graxos, Griinari et al. (1998) confirmaram que o aumento de *trans*-10 C18:1 no leite está relacionado com a redução do teor de gordura do leite. Hoje, a literatura mostra que o CLA *trans*-10, *cis*-12 C18:2 é um poderoso inibidor da síntese de gordura do leite. Esses ácidos graxos exercem inibição da síntese “de novo” na glândula mamária por reduzirem a atividade de enzimas-chave, como a acetil-CoA carboxilase e o ácido graxo sintetase (Baumgard et al., 2002). Já os ácidos vaccênico (*trans*-11 C18:1) e rumênico (*cis*-9, *trans*-11 C18:2) não estão associados à redução no teor de gordura do leite (Palmquist e Mattos, 2006).

A adição de grãos de soja crua, tostada ou extrusada (10% da MS) na dieta de vacas em produção reduz os teores de ácidos graxos indesejáveis de cadeia curta (caprílico, cáprico e láurico) e média (mirístico e palmítico), que induzem ao aumento de colesterol no sangue (Griinari et al., 1995). Porém, aumenta os teores de ácido esteárico, oleico, linoleico, CLA e o total de ácidos graxos de cadeia longa no leite (Drackley e Elliott, 1992; Schauff et al., 1992a; Kin et al., 1993; Wu et al., 1994; Elliott et al., 1995; Pinto, 1997; Santos et al., 2001, Whitlock et al., 2002). Segundo Abreu (1993), os ácidos graxos de cadeia curta não são muito importantes para o leite de

consumo, pois sua importância se reflete mais sobre os produtos lácteos que necessitam de aromas característicos para conferir distinção de qualidade.

Hoje, os consumidores de alimentos estão mais preocupados em relação à concentração de ácidos graxos de cadeia saturada, associada à presença de colesterol. Esse aspecto é de suma importância no que se refere à composição da gordura dos produtos lácteos. O aumento de ácidos graxos insaturados, bem como a redução dos saturados, causa um impacto positivo na nutrição humana, mais especificamente na prevenção de doenças crônico-degenerativas, na redução das concentrações de colesterol, na redução das lipoproteínas VLDL + LDL e no aumento da lipoproteína HDL, além de melhorar a imagem dos produtos lácteos junto aos consumidores. Especificamente em relação aos isômeros do CLA, efeitos anticarcinogênicos, antidiabéticos, de modulação do sistema imune, de partição da energia e de redução no desenvolvimento de aterosclerose têm sido reportados (Bauman et al., 2000). Diante disso, inúmeras pesquisas têm tido como foco elevar os conteúdos de ácido linoleico conjugado, linoleico, linolênico e vaccênico no leite, bem como reduzir os níveis de ácidos graxos saturados.

12. RECOMENDAÇÕES DE USO

As recomendações da literatura sobre as quantidades de grão de soja integral crua ou processada na dieta para vacas lactantes são diversas, podendo variar de 1,8 a 3,5kg/dia ou 10% a 20% da matéria seca da dieta (4% de gordura suplementar). No entanto, sob condições especiais, animais de grande porte, de alta produção e com volumoso de excelente qualidade, podem utilizar até 5kg/vaca/dia, divididos em três fornecimentos, sem comprometimento na produção ou composição do leite. Recomenda-se o uso na forma de grão ou partículas grandes.

A recomendação para uso no concentrado varia de 20 a 50% de grão de soja, quebrado ou moído.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soja integral é uma excelente fonte de energia e pode ser uma alternativa para aumentar a densidade energética até níveis de 5% de extrato etéreo na matéria seca em dietas de vacas de alta produção, podendo aumentar a produção de leite, principalmente no início da lactação.

A soja grão exerce menor efeito negativo no processo fermentativo no rúmen quando comparada com óleos de soja e pode ser utilizada como meio de alterar a composição em ácidos graxos do leite e, dessa forma, melhorar a qualidade nutricional do leite, aumentando a proporção de ácidos graxos insaturados (linoleico e linolênico) e de CLA, associados a uma redução de ácidos graxos saturados e do teor de gordura.

O processamento da soja com calor pode aumentar a PNDR, contudo o monitoramento da qualidade do processamento deve ser acompanhado para se garantir a disponibilidade dos aminoácidos no trato digestivo inferior.

Não é recomendável o fornecimento de soja crua a animais jovens devido à presença de fatores antinutricionais que podem comprometer o desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL-CAINES, S.F.; GRANT, R.J.; KLOPFENSTEIN, T.J. et al. Influence of nonenzymatically browned soybeans on ruminal fermentation and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1036-1045, 1998.

ABREU, L.R. *Factors affecting the biosynthesis of branched-chain fatty acid in milk fat*. 1993. 163f. Thesis (PhD) - University of Wisconsin, Madison, WI.

ABUGHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. et al. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2266-2276, 2002.

AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.

ALDRICH, C.G.; MERCHEN, N.R.; PARSONS, C.M. et al. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *J Anim. Sci.*, v.75, p.3046-3051, 1997.

ALLEN, S.M. Effects of diet on short-term regulation of diet intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1598-1624, 2000.

BAKER, J.C.; TOMLISON, J.E.; McGEE, W.H. The evolution of soybeans meal, roasted whole soybeans or whole cottonseed. *J. Dairy Sci.*, v.69, suppl. 1, p.221, 1986.

BATEMAN, H.G.; JENKINS, T.C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2451-2458, 1998.

BATISTA, A.M.V.; SILVA, J.F.C.; GARCIA, J.A. et al. Digestões total e parcial em novilhos alimentados com rações contendo soja tratada com formaldeído e duas proporções volumoso : concentrado. *Rev. Soc. Bras. Zootec*, v.4, p.667-681, 1983.

BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1-15, 2000.

BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.*, v.70, p.15-29, 2001.

BAUMGARD, L.H.; MATITASHVILI, E.; CORL, B.A. et al. Trans-10, cis-12 Conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2155-2163, 2002.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

BERNARD, J.K. Effect of raw or roasted whole soybeans on digestibility of dietary nutrients and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.3231-3236. 1990.

BERNARD, J.K.; QUIGLEY, J.D. 3rd; DOWLEN, H.H. et al. Supplemental niacin and heat-treated whole soybeans for jersey cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.2016-2023. 1995.

BLAS, C.; MATEOS, G.G.; REBOLLAR, P.G. (Ed.). *Normas FEDNA sobre valoración nutritiva de leguminosas y cereales tratados*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 2001. 18p.

BONDI, A.; ALUMOT, E. Anti-nutrive factors in animal feedstufes and their effets on livestock. *Prog. Food Nutr. Sci.*, v.11, p.115-133, 1987.

BRANCO, A.F.; CONEGLIAN, S.M.; MAIA, F.J. et al. Digestibilidade intestinal verdadeira da proteína de alimentos para ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, n.4, suppl., p.1788-1795, 2006.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M. et al. Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica dos três estágios. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.2, p.546-552, 2001.

CAMPOS, O.F. *Farelo de algodão e semente de soja crua, como suplementos proteicos para vacas em lactação*. 1972. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CHAN, S.C.; HUBER, T.; THEURER, C.B. et al. Effects of supplemental fat and protein source on ruminal fermentation and nutrient flow to the duodenum in dairy cows. *J Dairy Sci.*, v.80, p.152-159, 1997.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3897-3931, 1993.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; FAULCONNIER, Y. et al. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, v.59, p.127-134, 2000.

CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON G.J. et al. Performance and profiles of milk fatty acids of cows fed full fat, heat-treated soybeans using various processing methods. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.334-342, 1997a.

CHOUINARD, P.Y.; LÉVESQUE, J.; GIRARD V. et al. Dietary soybeans extruded at different temperatures: milk composition and in situ fatty acid reactions. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2913-2924. 1997b.

COBER, E.R.; VOLDENG, H.D. Developing high-protein, high - Four PCs described relationships between soybean yield soybean populations and lines. *Crop Sci.* v.40, p.39-42, 2000.

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. *Rev. Bras. Zootec*, v.34, p.280-287, 2005.

DABOWSKI, P.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. The effect of temperature during processing of rape seed meal on amino acid degradation in the rumen and digestion in the intestine. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.213-226, 1996.

DAVIS, C.L. *Alimentacion de la vaca lechera alta productora*. Carpentersville, IL: Milk Specialities Company, 1993. 59p.

DAVIS, C.L.; BROWN, R.E. Low-fat milk syndrome. In: Phillipson, A.T. (Ed.), *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Newcastle upon Tyne, UK: Oriel Press, 1970. p.545-565.

DERESK, F.; FERNANDES, A.M.; MATOS, L.L. et al. Utilização da grãos de soja crua na alimentação de vacas leiteiras de alta produção. *Rev. Bras. Zootec*, v.25, p.113-124, 1996.

DERESZ, F.; FERNANDES, A.M.; MATOS, L.L. et al. Utilização da soja-grão crua na alimentação de vacas leiteiras de alta produção. *Rev. Bras. Zootec*. v.25, p.113-124, 1996.

DESTAILLATS, F.; TROTTIER, J.P.; GALVEZ, J.M.G. et al. Analysis of alfa-linolenic acid biohydrogenation intermediates in milk fat with emphasis on conjugated linolenic acids. *J. Dairy Sci.* v.88, p.3231-3239, 2005.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interacion between dietary lipids and fibre in the sheep. *Anim. Prod.*, v.19, p.67-76, 1974.

DHIMAN, T.R.; HELMINK, E.D., McMAHON, D.J. et al. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.412-419, 1999.

DHIMAN, T.R.; KOREVAAR, A.C.; SATTER, L.D. Particle size of roasted soybeans and the effect on milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1722-1727, 1997.

DHIMAN, T.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W. et al. Conjugated Linoleic Acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1016-1027, 2000.

DOHME, F.; MACHMÜLLER, A.; WASSERFALLEN, A. et al. Comparative efficiency of various fats rich in medium-chain fatty acids to suppress ruminal methanogenesis as measured with RUSITEC. *Can. J. Anim. Sci.*, v.80, p.473-482. 2000.

DONG, Y.; BAE, H.D.; McALLISTER, T.A. et al. Lipid-induced depression of methane production and digestibility in the artificial rumen system (RUSITEC). *Can. J. Anim. Sci.*, v.77, p.269-278, 1997.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. *Livest. Prod. Sci.*, v.43, p.97-110, 1995.

DRACKLEY, J.K., ELLIOTT, J.P. Milk composition, ruminal characteristics, and nutrient utilization in dairy cows fed partially hydrogenated tallow. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.183-196, 1992.

DUARTE, L.M.A.; STUMPF Jr, W.; FISCHER, V. et al. Efeito de diferentes fontes de gordura na dieta de vacas Jersey sobre o consumo, a produção e a composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.2020-2028, 2005.

EIFERT, E.C. *Fontes de carboidratos, óleo de soja e monensina para vacas lactantes: Desempenho, digestibilidade, parâmetros ruminais e perfil de ácidos graxos do leite.* 2004. 117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LEÃO, M.I. et al. Efeito da combinação de óleo de soja e de monensina na dieta sobre o consumo e digestão em vacas lactantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.297-308, 2005.

ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; FAHEY Jr. G.C. et al. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1512-1525, 1995.

FALDET M.A.; SATTER, L.D. Feeding heat-treated full fat soybeans to cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3047-3054, 1991.

FALDET, M.A.; SON, Y.S.; SATTER, L.D. Chemical, in vitro, and in vivo evaluation of soybeans heat-treated by various processing methods. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.789-795, 1992.

FATHI-NASRI, M.H.; DANESH-MESGARAN, M.; NIKKHAH, A. et al. Effect of raw or roasted whole soybeans on early lactational *performance* and ruminal and blood metabolites in Iranian cows. *J. Agric. Sci.*, v.145, p.529-537, 2007.

FATHI-NASRI, M.H.; FRANCE, J.; DANESH-MESGARAN, M. et al. Effect of heat processing on ruminal degradability and intestinal disappearance of nitrogen and amino acids in Iranian whole soybean. *Livest. Sci.*, v.113, p.43-51, 2008.

GANESH D.; GRIEVE, D.G. Effect of roasting raw soybeans at three temperatures on in situ dry matter and nitrogen disappearance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.3222-3230, 1990.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Effects of fat from whole soybeans on *performance* of dairy cows fed rations differnig in fiber level and particle size. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2742-2751, 1992.

GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E.; JONES, L.R. et al. Low milk fat in New York holstein herds. *Proc. Nutr. Conf.*, p.96-105, 1995.

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A. et al. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1251-1261, 1998.

GRUM, D.E.; DRACKLEY, J.K.; HANSEN, L.R. et al. Production, digestion, and hepatic lipid metabolism of dairy cows fed increased energy from fat or concentrate. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1836-1849, 1996.

GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. et al. Lactational *performance* of dairy cows fed raw soybeans, with or without animal by-product proteins, or roasted soybeans. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1354-1359, 1994.

HSU, J.T.; SATTER, L. D. Procedures for measuring the quality of heat-treated soybeans. *J. Dairy Sci.* 78:1353-1361, 1995.

HUNGATE, R.E. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: NORRIS J.R.; RIBBONS, D.W. (Ed.). *Methods in microbiology*. New York,. NY: Academic Press, 1969. v.3B, p.117-132.

HARFOOT C.G; HAZLEWOOD G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson P.N.; Stewart, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.382-426.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola: abril/2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 28 maio 2009.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3851-3863, 1993.

JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDÉN, R. et al. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.438-445, 1996.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* v.73, p.2483-2492, 1995.

KAGAWA, A. (Ed). *Standard table of food composition in Japan*. Tokyo: University of Nutrition for Women, 1995. p.104-105.

KELLY, M.L.; KOLVER, E.S.; BAUMAN, D.E. et al. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1630-1636, 1998.

KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; McNEILL, J.J. et al. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.*, v.241, p.1350-1354, 1966.

KILSAHW, P.J.; SISSON, J.W. Gastrointestinal allergy to soybean protein in oreruminant calves. Allergnic constituents of soybean products. *Rev. Vet. Sci.*, v.27, p.366-371, 1979.

KIN, Y.K.; SCHINGOETHE, D.J.; CASPER, D.P. et al. Supplemental dietary fat from extrudes soybeans and calcium soaps of fatty acids for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.197-204, 1993.

KNAPP, D. M.; GRUMMER, R.R.; DENTINE M.R. et al. The response of lactating dairy cows to increasing levels of whole roasted soybean. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.2563-2572, 1991.

LAWLESS, F.; STANTON, C.; L'ESCOP, P. et al. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. *J. Food Sci.*, v.62:p.1083-1086. 1997.

LIENER, I.E. Factor affecting the nutritional quality of soya products. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, v.58, p.406-415, 1981.

LYKOS, T.; VARGA, G.A. Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1789, 1995.

- MACHMULLER, A. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic animals. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.112, p.107–114, 2006.
- MACHMULLER, A.; OSSOWSKI D.A.; KREUZER M. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.85, p.41-60, 2000.
- MACZULAK, A.E.; DEHORITY, B.A.; PALMQUIST, D.L. et al. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.42, p.856-862, 1981.
- McGINN, S.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; COATES, T. et al. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *J. Anim. Sci.*, v.82, p.3346-3356, 2004.
- McGUIRE, M.A.; McGUIRE, M.K.; GUY, M.A. et al. Effect of dietary lipid concentration on content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk from dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.74, suppl. 1, p.266, 1996. Abstract.
- McNIVEN, M.A.; ROBINSON, P.H.; MACLEOD, J.A. et al. Evaluation of a new high protein variety of soybeans as a source of protein and energy for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2605-2613, 1994.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison, WI: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p.450-493.
- MIELKE, C.D.; SCHINGOETHE, D.J. Heat: Treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1579-1585, 1981.
- MOGENSEN, L.; LUNDB, P.; KRISTENSENA, T. et al. Effects of toasting blue lupins, soybeans or barley as supplement for high-yielding, organic dairy cows fed grass-clover silage ad libitum. *Livest. Sci.*, v.115, p.249-257, 2008.
- NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.523-632.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- NEVES, C.A.; SANTOS, G.T.; MATSUSHITA, M. et al. Intake, whole tract digestibility, milk production, and milk composition of Holstein cows fed extruded soybeans treated with or without lignosulfonate. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.134, p.32-44, 2007.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V., OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal, SP: Funep, 2006. p.151-182.

OLIVEIRA, M.V.M.; LANA, R.P.; EIFERT, E.C. et al. Influência da monensina sódica no consumo e na digestibilidade de dietas com diferentes teores de proteína para ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.643-651, 2007.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1354-1360, 1991.

PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. Conference: regulating lipids metabolism to increase productive efficiency. *J. Nutr.*, v.124, p.1377-1382, 1994.

PALMQUIST, D.L. Use of fats in diets for lactating dairy cows. In: *FATS in animal nutrition*. Boston: MS: Butterworth, 1984. p.357-360.

PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. *J. Dairy Sci.*, v.61, p.890-901, 1978.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in Lactation Rations:Review. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1-14, 1980.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W. Turnover of lipoproteins and transfer to milk fat dietary (1-carbon-14) linoleic acid in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.61, p.561-565, 1978.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. p.287-310.

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.1339-1349, 1999.

PARODI, P.W. Cows' milk fat components as potential anticarcinogenic agent. *J. Nutr.*, v.127, p.1055-1060, 1997.

PINTO, S.M. *Produção e composição química do leite de vacas Holandesas no início da lactação alimentadas com diferentes fontes de lipídeos*. 1997. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I. et al. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat depressing diet. *J. Nutr.*, v.130, p.2568-2574, 2000.

PIRES, A.V.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. et al. Roasted soybeans, blood meal, and tallow as sources of fat and ruminally undegradable protein in the diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1603-1610, 1996.

PIRES, A.V.; RIBEIRO, C.V.M. Aspectos da nutrição relacionados à reprodução. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES A.V., OLIVEIRA S.G. et al. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal, SP: Funep, 2006. p.513-535.

RABELLO, T.G. *Grão de soja moído na alimentação de vacas lactantes*. 1995.114f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RABELLO, T.G.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas lactantes. Digestão total e parcial dos nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.25, p.142-151, 1996.

RAMASWAMY, N.; BAER, R.J.; SCHINGOETHE, D.J. et al. Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. *J Dairy Sci.*, v.84, p.2144-2151, 2001.

REDDY, P.V.; MORRIL, J.L.; NAGARAJA, T.G. Release of free fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.3410-3416, 1994.

ROBINSON, J.J.; ROOKE, J.A.; McEVOY, T.G. Nutrition for conception and pregnancy. In: FREER, M.; DOVE, H. (Ed.). *Sheep nutrition*. Wallingford: CAB International, 2002. p.189-211.

ROMAGNOLO, E.; POLAN, C.E.; BARBEAU, W.E. Electrophoretic analysis of ruminal degradability of corn proteins. *J. Dairy Sci.* v.77, p.1093-1099, 1994.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.

SALLA, L.E.; FISCHER, V.; FERREIRA, E.X. et al. Comportamento ingestivo de vacas Jersey alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de gordura nos primeiros 100 dias de lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.683-689. 2003.

SANTOS, F.L.; SILVA, M.T.C.; LANA, R.P. et al. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção de ácido linoleico conjugado (CLA) e a composição da gordura do leite de vacas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1931-1938, 2001.

SCHAUFF, D.J.; CLARK J.H.; DRACKLEY J.K. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing extruded soybeans and calcium salts of long-chain fatty acids. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.3003-3019, 1992a.

SCHAUFF, D.J.; ELLIOTT, J.P.; CLARK, J.H. et al. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing whole soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1923-1935, 1992b.

SCHINGOETHE, D.J.; CASPER, D.P. Total lactational response to added fat during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.2617-2622, 1991.

SCOTT, T.A.; COMBS, D.K.; GRUMMER, R.R. Effects of roasting, extrusion, and particle size on the feeding value of soybeans for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.2555-2562. 1991.

SHEARER, J.K.; BEEDE, D.K. Heat stress in dairy cows. I. Physiological effects. *Nutr. News*, v.4, p.2, 1992.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

STERN, M.D.; SANTOS, K.A.; SATTER, L.D. et al. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated whole soybeans. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.45-56, 1985.

STEWART C.S.; FLINT, H.J.; BRYANT, M.P. et al. The rumen bacteria. In: Hobson, P.N.; Stewart, C.S. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. London: Chapman and Hall, 1997. p.10-72.

TICE, E.M.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes. 1. Digestibility and utilization by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.224-235, 1993.

TICE, E.M.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes. 2. Fatty acid utilization by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.166-180, 1994.

TOLEDO, T.C.F.; BRAZACA, S.G.C.; ARTHUR, V. et al. Composição, digestibilidade proteica e desaminação em cultivares brasileiras de soja submetidas à radiação gama. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.27, p.808-811, 2007.

U.S. Patent n.4957748. Tomas S. Winowiski. *Ruminant feed, method of making and method of using*. 18 Set. 1996. Disponível em: <http://www.wikipatents.com/US-Patent-4957748/>.

VAN DIJK, H.J.; O'DELL, G.D.; PERRY, P.R. et al. Extruded versus raw ground soybeans for dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.2521-2525, 1983.

VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, suppl., p.522-529. 2002.

VILELA, D.; MATOS, L.L.; ALVIM, M.J. et al. Utilização de soja integral tostada na dieta de vacas em lactação, em pastagem de *coastcross* (*Cynodon dactylon*, L. Pers.). *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1243-1249. 2003.

WALTZ, D.M.; STERN, M.D. Effect of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.1509-1518, 1989.

WHITLOCK, L.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. et al. Fish oil and extruded soybeans fed in combination increase conjugated linoleic acids in milk of dairy cows more than when fed separately. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.234-243, 2002.

WRIGHT, K.N. Soybean meal processing and quality control. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, v.58, p.294-299, 1981.

WU, Z.; HUBER, J.T.; CHAN, S.C. et al. Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1644-1651, 1994.

CAPÍTULO 22

FARELO DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

*Wilson Gonçalves de Faria Jr.*¹, *Diogo Gonzaga Jayme*²,
*Lúcio Carlos Gonçalves*³, *Pedro Dias Sales Ferreira*⁴

RESUMO

O farelo de soja mostra-se como principal fonte proteica na suplementação animal. Neste capítulo, serão discutidos os principais fatores relacionados à utilização do farelo de soja na alimentação de bovinos leiteiros, abordados os aspectos do processamento e monitoramento da qualidade deste na eliminação de fatores antinutricionais da soja, na avaliação da composição química e no perfil aminoacídico, bem como serão mostrados resultados de desempenho animal proporcionados pelo farelo de soja em comparação a outras fontes de proteína suplementar.

INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma leguminosa originária da China, onde é conhecida há mais de 5.000 anos. Em 1712, foi introduzida na Europa e, em 1804, chegou aos Estados Unidos, onde sua produção desenvolveu-se, a partir do início deste século, garantindo o primeiro lugar em produção a este país. No Brasil, o cultivo da soja é bem mais recente, sendo que, na década de 1960, seu desenvolvimento começou a tomar vulto e, atualmente, ocupa o segundo lugar na produção mundial. Esse rápido crescimento da cultura da soja se deve, principalmente, ao seu grande potencial de utilização na alimentação animal e humana (Antunes e Sgarbieri, 1980). Com o crescimento da indústria moageira, a pecuária brasileira passou a contar com um valioso subproduto, o farelo de soja para uso na alimentação animal. O farelo de soja é uma fonte protéica, que usualmente possui 45% de proteína bruta, menos de 7% de fibra bruta e é rico em aminoácidos essenciais, principalmente lisina e metionina.

Diante disso, tornou-se a fonte proteica mais utilizada em todo o mundo, sendo um ótimo complemento ao milho para formar a base de uma ração, principalmente para aves e suínos. Entretanto, um fator importante a se considerar é que o grão e o farelo de soja devem ser submetidos ao tratamento térmico para inativar os fatores

¹ Médico Veterinário, Msc. Doutorando em Nutrição Animal Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. wilsonvet2002@gmail.com

² Médico Veterinário, DSc., Prof. Adjunto do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. dgjayme@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Médico Veterinário, mestrando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. ferreira.pds@gmail.com

antinutricionais presentes, como os inibidores de proteases, hemaglutininas, dentre outros.

1. PROCESSAMENTO

A industrialização da soja, para a obtenção de óleo, resulta num subproduto conhecido como farelo de soja. Os processos utilizados pela indústria moageira no Brasil são a prensagem mecânica, a extração contínua por solventes ou a associação da pré-prensagem seguida pela extração por solventes (Williams e Tompson, 1988).

O processo de prensagem mecânica exige que a soja, depois de triturada, seja cozida durante 15 a 20 minutos e, então, prensada. Durante a prensagem, a temperatura é elevada ainda mais, o que pode reduzir a digestibilidade e o valor biológico da proteína, devido à formação de reações de Maillard, comprometendo principalmente a disponibilidade de lisina. O farelo obtido, em geral, possui maiores teores de extrato etéreo.

Por outro lado, a extração por solvente normalmente ocorre à baixa temperatura e apresenta menor potencial de comprometimento de aminoácidos essenciais. Contudo, após a evaporação do solvente, o farelo resultante é submetido a um tratamento térmico controlado com temperatura em torno de 110 a 120°C por curto período de tempo, para a inativação dos fatores antinutricionais termolábeis (Said, 1999). O solvente mais utilizado no processo de extração é o hexano.

O terceiro processo utilizado é um misto dos dois primeiros. Inicialmente, o óleo é parcialmente removido por meio da prensagem e, então, o restante é removido com o uso de solventes (Church, 1984). A modernização da indústria moageira, no Brasil, está levando ao aumento no uso do processo de pré-prensagem, seguida pela extração por solventes. Isto tem resultado num farelo de soja de padrão mais uniforme (Williams e Tompson, 1988).

Normalmente, a exposição a aquecimento moderado, durante curto espaço de tempo, é utilizada para inativar alguns dos fatores antinutritivos existentes na soja, sendo que os mais comumente utilizados são a tostagem e a extrusão. A desativação dos fatores antinutricionais pelo tratamento térmico normalmente favorece a digestibilidade dos nutrientes, em especial os aminoácidos e os lipídios. Por outro lado, o superaquecimento pode levar à desnaturação das proteínas presentes no grão ou farelo, à oxidação do enxofre dos aminoácidos sulfurados e à reação da lisina com grupos aldeído, formando um complexo indisponível, além de levar à redução da energia metabolizável. Quando isso ocorre, estes aminoácidos tornam-se menos disponíveis para os animais, já que, em muitos casos, estas ligações não podem ser hidrolisadas durante o processo digestivo enzimático. A maior preocupação é com a lisina, porém também pode haver alguma perda de arginina, histidina e triptofano. Assim, o acompanhamento da qualidade do processamento na obtenção do farelo de soja é fundamental para o desempenho animal.

2. CONTROLE DE QUALIDADE

A medição da atividade de uréase tem sido uma das análises laboratoriais mais usuais para avaliar a qualidade do farelo e do grão de soja na indústria de rações, pois a temperatura de inativação dessa proteína mostra-se superior à temperatura necessária para inativar os fatores antinutricionais termolábeis presentes na soja. Entretanto, não há consenso de qual é o nível de uréase adequado para que sirva como parâmetro de boa qualidade do processamento térmico. A indústria de alimentos nos Estados Unidos tem usado como valor máximo aceitável para uréase 0,2 de variação de pH, no farelo de soja processado para uso na alimentação animal (Waldroup et al., 1985). Já a Comunidade Econômica Europeia tem aceitado valores de variação de pH de até 0,5 (De Schrijver, 1977). A American Oil Chemists Society sugeriu como adequados valores de atividade de uréase de 0,02 a 0,2 de variação de pH. No Brasil, a Associação Nacional dos Fabricantes de Rações - ANFAR (1985) recomendou valores de atividade de uréase de 0,05 a 0,3 de variação pH para o farelo de soja.

A análise de uréase é valiosa para determinar se o farelo de soja não está subaquecido. Porém, não é eficiente para detectar o superaquecimento que pode causar perdas na digestibilidade e na disponibilidade de alguns nutrientes. Em consequência disto, é necessária a utilização de uma segunda técnica analítica. Associada à atividade ureásica, normalmente é empregada a solubilidade da proteína em KOH 0,2% (Parsons, 1992). Segundo Araba e Dale (1990), valores de solubilidade proteica acima de 85% e abaixo de 70% indicam, respectivamente, subaquecimento ou superaquecimento do produto. Parsons et al. (1991) observaram que a solubilidade abaixo de 64% compromete o desempenho das aves. A recomendação da ANFAR (1985) é que a solubilidade mínima seja de 80%. Entretanto, Jorge Neto (1992) sugeriu que uma soja bem processada deve ter solubilidade acima de 75%, sendo que o ideal é 80%, e comentou que a solubilidade acima de 80% pode indicar subprocessamento.

O processamento térmico do farelo de soja pode ser utilizado para aumentar os teores de proteína não degradada no rúmen, resultando em maior aporte de aminoácidos ao intestino. Tratamentos químicos com formaldeído ou lignossulfato têm sido avaliados quanto ao potencial de proteção da proteína do farelo de soja da degradação ruminal. Contudo, a disponibilidade intestinal dessa proteína que escapa da degradação ruminal tem sido variável e pode não refletir em maior desempenho animal.

3. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

A composição e a qualidade dos farelos de soja comercializados podem sofrer variações dependendo principalmente da qualidade inicial do grão e do processamento utilizado, bem como do nível de inclusões de cascas. No Brasil, a

ANFAR (1985) especificou três tipos de farelo de soja, com base em seus conteúdos de proteína bruta (PB), e os classificou como:

- farelo de soja tostado tipo 48 ou tipo 1, com um mínimo de 48% de PB, isento de cascas, com teor máximo de 5% de fibra bruta e 0,3% de sílica;
- farelo de soja tostado tipo 46 ou tipo 2, com um mínimo de 46% de PB, com casca nas proporções naturalmente encontradas nos grãos, resultando em um teor máximo de 6% de fibra bruta e 0,5% de sílica;
- farelo de soja tostado tipo 44 ou tipo 3, com um mínimo de 44% de PB, com adição de cascas em quantidade superior àquela naturalmente encontrada nos grãos, não podendo superar 7% de fibra bruta e 0,5% de sílica.

A grande maioria dos farelos de soja comercializados no Brasil enquadra-se no tipo 46. Geralmente a inclusão de cascas ocorre para redução de custos, porém compromete a qualidade nutricional dos farelos, com redução dos teores de proteína e elevação nos teores de fibra, e, muitas vezes, caracteriza fraudes, excedendo os limites de inclusão permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (1993). Diante das diferenças nos níveis de inclusão de cascas, o teor de proteína pode variar de 40 a 48%. Farelos com teores de proteína bruta inferiores a 44% são identificados como farelos abaixo do padrão e podem ser comercializados como tal, desde que devidamente especificados e perfeitamente identificados, com identificação colocada em lugar de destaque, de fácil visualização e de difícil remoção.

Na Tabela 1, são apresentadas as composições bromatológicas de farelos de soja de diferentes fontes revisados na literatura. A principal variação está associada aos valores de proteína bruta, aos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e extrato etéreo. Geralmente a extração do óleo por prensagem tende a resultar em farelos com maiores teores de extrato etéreo em comparação à extração por solvente.

Tabela 1. Composição bromatológica de farelos de soja de diferentes fontes.

Nutriente	Zambom et al. (2001)	Silva et al. (2002)	Rostagno et al. (2005)		Ost et al. (2005)			Gerber et al. (2006)	Valadares Filho et al. (2006)	
			Média						Média	
Matéria seca ¹	88,87	88,19	88,59	88,21	89,28	90,08	89,64	88,51	88,61	
Matéria orgânica ²	93,53	93,02	94,10	94,28	94,35	93,85	94,11	93,45	92,85	
Matéria mineral ²	6,39	6,98	5,90	5,72	5,65	6,15	5,89	6,55	6,32	
Proteína bruta ²	51,41	49,87	45,32	47,90	46,32	47,38	48,21	48,38	48,78	
FDN ²	12,22	26,57	13,86	14,93	12,85	10,07	12,71	-	14,62	
FDA ²	10,13	13,02	8,16	12,28	9,60	6,13	8,47	-	9,86	
Extrato etéreo ²	3,45	1,72	1,66	1,40	3,04	1,19	2,05	1,51	1,71	
NIDN ³	-	-	-	-	-	-	-	-	4,88	
NIDA ³	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	
DIVMS ²	97,87	-	-	-	-	-	-	-	89,19	
CNF ²	-	14,86	-	-	-	-	-	-	-	
Amido ²	-	-	12,32	13,00	9,42	13,89	15,46	-	-	

¹ %; ² % da matéria seca; ³ % da proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NIDN: nitrogênio associado à FDN; NIDA: nitrogênio associado à FDA; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca; CNF: carboidratos não fibrosos.

O tratamento térmico ou químico reduz a fração solúvel da proteína do farelo de soja, resultando na proteção da proteína da degradação ruminal, aumentando os valores de

nitrogênio ligado à fibra em detergente neutro (NIDN) ou à fibra em detergente ácido (NIDA), como apresentado na Tabela 2. Contudo, apesar do aumento da proteína sobrepassante, pode haver comprometimento da disponibilidade da proteína para utilização animal quando os níveis de nitrogênio ligado à fibra insolúvel em detergente ácido forem superiores a 10% (Demajanec et al., 1995; Schroeder et al., 1995)

Tabela 2. Efeito do processamento na composição bromatológica do farelo de soja.

Processamento	Matéria orgânica	Matéria mineral	Proteína bruta	FDN	FDA	Extrato etéreo	NIDN	NIDA
Solvente	92,70	7,30	51,80	11,50	6,30	0,90	4,00	1,80
Expeller	92,90	7,10	47,80	29,50	13,80	4,20	29,50	13,80
Lignossulfato	92,20	7,80	49,20	33,00	12,30	1,00	33,00	12,30

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NIDN: nitrogênio associado à FDN; NIDA: nitrogênio associado à FDA.

Fonte: Adaptado de Borucki-Castro et al. (2007).

O farelo de soja é uma fonte balanceada de aminoácidos e rico em lisina, apesar dos baixos valores de metionina, como pode ser observado na Tabela 3. O tratamento por calor, usado para inibir ou inativar fatores tóxicos (Lassiter e Edwards, 1982) também melhora a disponibilidade de seu mais limitante aminoácido, a metionina.

Tabela 3. Perfil aminoacídico do farelo de soja de diferentes fontes.

Proteína Bruta	Farelo de soja						
	Furuya et al. (2001)	Rostagno et al. (2005)		Borucki-Castro et al. (2007)			
		46%	45%	48%	Solvente 52%	Expeller 48%	Lignossulfato 49%
Essenciais (% da MS)							
Arginina	3,75	3,33	3,50	3,64	3,24	3,51	3,64
Histidina	1,09	1,17	1,29	1,26	1,13	1,23	1,29
Isoleucina	1,90	2,10	2,20	2,08	2,10	2,15	2,23
Leucina	3,42	3,52	3,63	3,81	3,67	3,69	3,87
Lisina	2,64	2,77	2,92	2,99	2,58	2,67	2,89
Metionina	0,55	0,64	0,66	0,69	0,58	0,66	0,66
Fenilalanina	1,86	2,30	2,40	2,44	2,36	2,40	2,49
Treonina	1,53	1,78	1,86	1,98	1,90	1,93	2,00
Triptofano	0,56	0,62	0,64	-	-	-	-
Valina	1,95	2,16	2,30	2,12	2,16	2,20	2,28
Não essenciais (% da MS)							
Alanina	1,76	-	-	2,15	2,08	2,07	2,17
Aspartato	4,64	-	-	-	-	-	-
Glutamina	7,86	-	-	7,74	7,25	7,18	7,94
Glicina	1,70	-	-	2,05	2,08	2,08	2,14
Serina	1,86	-	-	2,57	2,45	2,45	2,56
Tirosina	1,08	1,54	1,71	1,81	1,78	1,79	1,80
Prolina	2,43	-	-	2,05	1,85	1,95	2,07
Cistina	0,55	-	-	0,69	0,56	0,64	0,63

O tratamento térmico ou químico do farelo de soja não altera significativamente o perfil de aminoácidos, porém pode alterar as proporções e o perfil de aminoácidos que

compõem as proteínas degradadas no rúmen e aquelas sobrepassantes. Borucki-Castro et al. (2007) observaram que o farelo de soja obtido por expeller (prensagem) ou tratado com calor ou quimicamente (lignossulfato) apresentou menor degradabilidade ruminal da proteína bruta, que reduziu de 58% para 35% em comparação ao farelo de soja obtido com o uso de solventes. Resultados semelhantes foram observados por Ljokjel et al. (2000) e Can e Yilmaz et al. (2002), confirmando o potencial do tratamento térmico e químico em proteger a proteína do farelo de soja da degradação ruminal. Esses autores não observaram diferenças entre os tratamentos (expeller, lignossulfato, ou tostagem) quanto às taxas de degradação ruminal ou à degradabilidade efetiva da proteína. O tratamento do farelo de soja tende a reduzir a fração solúvel dos aminoácidos lisina e histidina, além de promover a redução das taxas de degradação dos aminoácidos essenciais e não essenciais no rúmen, o que resulta em menor degradação ruminal desses aminoácidos. De modo geral, a disponibilidade de aminoácidos essenciais e não essenciais para absorção intestinal é maior para os farelos de soja tratados com calor ou quimicamente em comparação aos obtidos por extração com solvente, fato associado principalmente à menor degradação ruminal, já que as diferenças nas digestibilidades intestinais são mínimas. Resultados semelhantes foram obtidos por Awawdeh et al. (2007), ao compararem o farelo de soja obtido por extração com solvente ou obtido por expeller, tostado ou tratado quimicamente com lignossulfato.

Entretanto, deve-se atentar para a qualidade do processamento térmico para se evitar superaquecimento que compromete a digestibilidade intestinal e, conseqüentemente, o aporte proteico ao animal. Assim, em animais de alta produção, cuja demanda de proteína sobrepassante e de aminoácidos essenciais para absorção intestinal é alta, o uso de farelo de soja obtido por expeller, tostado ou tratado com lignossulfato pode ser uma alternativa a outras fontes de proteína de baixa degradação ruminal, como farinhas de peixe ou farelo de glúten de milho (glutenose ou protenose).

O teor de extrato etéreo do farelo de soja é baixo, mas é rico em ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12 C18:2), ácido oleico (*cis*-9 C18:1) e palmítico (C16:0), que correspondem a 44%, 18% e 16%, respectivamente, do total de ácidos graxos do farelo de soja.

Quanto à composição mineral, o farelo de soja contém baixos teores de cálcio (0,2 a 0,3%) e de sódio (0,3 a 0,4%). Possui em torno de 0,6 a 0,7% de fósforo, dos quais cerca de 70% na forma de fitina. Além de reter o fósforo, a fitina interfere, diminuindo a absorção de cálcio, ferro e zinco (Taylor, 1965; O'Dell, 1969; Roy et al., 1977). O farelo de soja é uma boa fonte de potássio e de elementos traços e, apesar de ser deficiente em vitaminas lipossolúveis, é uma boa fonte de vitaminas do complexo B, com exceção da vitamina B12.

4. DESEMPENHO ANIMAL

Em decorrência da alta demanda de farelo de soja para o uso na nutrição de monogástricos, frequentemente têm se avaliado fontes proteicas alternativas para a

suplementação de ruminantes, principalmente bovinos leiteiros. De modo geral, em animais de menor produção, há tendência de substituição do farelo de soja por fontes de proteína degradável no rúmen, como a ureia. Por outro lado, em animais de maior produção, cuja demanda de proteína não degradável no rúmen é maior, as pesquisas avaliam os efeitos da substituição do farelo de soja por fontes proteicas de baixa degradação ruminal (farinhas de peixe, farinha de glúten de milho, ou farelos de soja que sofreram tratamento térmico ou químico).

Lines e Weiss (1996) avaliaram diferentes fontes proteicas (ureia, farelo de soja, feno de alfafa amonizado ou farinha de peixe) na alimentação de vacas Holandesas primíparas no terço inicial da lactação e com produção média diária de 30kg. Esses autores não observaram diferenças no consumo ou na digestibilidade da matéria seca (MS) das dietas. Contudo observaram melhor balanço de nitrogênio para as dietas com farelo de soja e maior perda fecal de nitrogênio para animais suplementados com farinha de peixe, reflexo da baixa digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen. A produção de leite, a produção de leite corrigida para gordura (PLCG) e a composição do leite não diferiram entre as dietas.

Já Lima et al. (2002) avaliaram o efeito combinado da fonte de amido (milho moído ou floculado) e proteína (farelo de soja ou farinha de peixe) na produção de leite de vacas de baixa produção (15kg) suplementadas com capim-elefante. Esses pesquisadores não observaram benefício do uso do milho floculado ou da farinha de peixe em animais de menor produção, devido aos valores semelhantes de consumo e de digestibilidade das frações de MS, PB, FDN, FDA e amido das dietas, bem como dos parâmetros ruminais que não diferiram entre os tratamentos. Também não foram observadas diferenças nas produções e composições do leite ou na eficiência produtiva (PLCG/ingestão de MS).

Na região Nordeste, vários trabalhos têm investigado o efeito da substituição parcial do farelo de soja por ureia. Melo et al. (2003) avaliaram a substituição do farelo de soja por níveis crescentes de ureia (0,0 a 2,4% da MS da dieta), refletindo em redução de até 50% no uso de farelo de soja. As dietas apresentaram valores médios de 16% de PB e níveis crescentes de nitrogênio não proteico (NNP) de 2,31 até 8,02% com o aumento da participação da ureia. A redução nos níveis de farelo de soja resultou em redução linear no consumo de MS (kg/dia; % do peso vivo (pv) e g/UTM-unidade de tamanho metabólico). O consumo de PB mostrou efeito quadrático com máximo consumo com níveis de 4,7% de NNP. O consumo de FDN não diferiu, mesmo com a redução no consumo de MS, devido ao aumento nos teores de FDN nas dietas com maiores níveis de ureia. As produções de leite e de leite corrigido para gordura (PLCG) reduziram linearmente de 19,4 para 17,8kg/dia e 18,8 para 17,5kg/dia, respectivamente, reflexo do aumento da proteína degradável no rúmen de 54% para 71% da PB, com o aumento da participação da ureia na dieta. Já a porcentagem e a produção de gordura e proteína do leite não foram alteradas pela dieta. Apesar da redução na produção de leite, o aumento da participação da ureia reduziu os custos da dieta, resultando em melhor relação custo-benefício, o que permitiu melhor retorno econômico em animais de produção diária inferior a 20kg, sendo que o nível ótimo de

inclusão que reflita em melhor retorno econômico depende também dos preços relativos do litro de leite, da ureia e do farelo de soja. Já Ramalho et al. (2006) avaliaram a substituição em níveis crescentes do farelo de soja por ureia (0 a 2,92% da MS da dieta), associado à raspa de mandioca em dietas contendo silagem de sorgo e palma forrageira como volumosos. A substituição do farelo de soja resultou em redução linear no consumo de MS (kg/dia, %pv e g/UTM), MO, PB e extrato etéreo, sem comprometer, contudo, o consumo de NDT. Isso resultou em redução na produção de leite, PLCG e produção de gordura diária, mesmo com o aumento da digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta. Esses autores concluíram que a raspa de mandioca mais ureia não foi capaz de substituir totalmente o farelo de soja, entretanto níveis de ureia de até 0,7% da MS da dieta parecem ser viáveis.

Por outro lado, quando a cana-de-açúcar é o volumoso único à substituição parcial do farelo de soja por ureia até níveis de 1,5% da MS da dieta, isso parece não comprometer o consumo, a produção e a composição do leite de vacas com produção média de 20 litros (Aquino et al., 2007). Resultados semelhantes foram observados para vacas em final de lactação suplementadas com silagem de milho ou capim-elefante (Imaizumi, 2000; Carmo et al., 2005). Vilela et al. (2007) avaliaram a substituição do farelo de soja por amireia 150S (produto obtido da extrusão do milho com ureia+enxofre) na alimentação de vacas leiteiras com produção diária de 13kg de leite. Esses autores observaram que o nível máximo de substituição para não comprometer o consumo, a produção e a composição do leite deveria ser limitado a 35% de substituição da proteína do farelo de soja.

O elevado conteúdo de carboidratos rapidamente disponível à fermentação permite boa sincronização da fermentação de energia e proteína na forma de nitrogênio não proteico para os microrganismos do rúmen, permitindo substituição parcial do farelo de soja por ureia em baixos níveis de inclusão em dietas à base de cana-de-açúcar ou com determinados níveis de palma forrageira, raspa de mandioca, polpa cítrica ou fontes de amido floculados.

Já Silva et al. (2001a) e Oliveira et al. (2001a) avaliaram a substituição parcial do farelo de soja por ureia (0,0% a 2,1% da MS da dieta) em vacas mestiças (Holandês x Gir) e Holandesas, respectivamente, com dietas à base de silagem de milho. Silva et al. (2001a) observaram reduções lineares nos consumos de MS, matéria orgânica (MO), FDN, PB e nutrientes digestíveis totais (NDT) com o aumento da ureia na dieta, contudo os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta não foram comprometidos. Isso refletiu em redução na PLCG e nos teores de gordura do leite, exceto pelo aumento pontual com a inclusão de 0,7% de ureia. Esse aumento na produção coincide com aumento na porcentagem e na produção de proteína do leite, o que está associado à maior síntese de proteína microbiana com a utilização de pequenas doses de ureia em dietas à base de silagem de milho, devido à melhoria no sincronismo do aporte energético e proteico sob essas condições (Silva et al., 2001b). Os resultados obtidos por Oliveira et al. (2001a) concordam com os descritos por Silva et al. (2001a) quanto à redução no consumo e à ausência de alteração nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes com a redução na participação do farelo de soja na

dieta. A produção de leite e a de PLCG reduziram linearmente de 20,1 para 17,5 kg/dia e de 23,1 para 19,9 kg/dia, respectivamente. Já quanto aos teores e à produção diária de proteína do leite, houve redução linear com a redução da participação do farelo de soja na dieta, refletindo a importância da fonte de proteína verdadeira na produção de leite e na proteína do leite, principalmente em animais de maior potencial leiteiro. Os resultados de síntese de proteína microbiana e os teores de nitrogênio ureico do leite e de proteína verdadeira do leite sugerem o nível máximo de inclusão de ureia de 0,7% da MS da dieta em substituição ao farelo de soja (Oliveira et al., 2001b). A substituição do farelo de soja por ureia em níveis superiores a 0,7% da MS em dietas à base de milho pode resultar em excesso de proteína degradável no rúmen, menor eficiência de utilização da amônia no rúmen, menor síntese de proteína microbiana e aumento do gasto energético para excreção da ureia. Ademais, há redução na proteína verdadeira do leite, o que resulta em menor valor no preço do leite recebido, pelo pagamento por bonificação do teor de proteína verdadeira do leite. O excesso na absorção de amônia no rúmen também pode resultar em comprometimento reprodutivo da fêmea (Santos et al., 2001).

Já quando se trata de animais de alta produção (30kg/dia) suplementados com silagens de milho, a substituição do farelo de soja, seja por ureia (1% da MS da dieta) ou farinha de peixe (6,65% da MS da dieta), pode comprometer o desempenho produtivo dos animais. Imaizumi et al. (2006) observaram reduções na produção de leite e de PLCG quando o farelo de soja foi substituído por ureia ou farinha de peixe. A farinha de peixe aumentou os teores de proteína do leite, mas não aumentou a produção diária de proteína do leite; além disso, reduziu os teores e a produção de gordura do leite em comparação aos animais suplementados com farelo de soja.

Abu-ghazaleh et al. (2001a, b) avaliaram o efeito da substituição parcial ou total do farelo de soja por farinha de peixe em vacas de alta produção, com média diária de 37kg, suplementadas com silagem de milho e feno de alfafa. O consumo de MS, o escore corporal e a produção de leite não diferiram entre os tratamentos, contudo houve redução na PLCG e na energia, reflexo da redução nos teores e nas produções de gordura com o aumento dos níveis de substituição do farelo de soja por farinha de peixe, sendo mais intensos com 100% de substituição. No entanto, houve aumento nos teores de proteína do leite, mas não suficientes para aumentar a produção diária de proteína. As produções de ácidos graxos voláteis totais, propionato e amônia no rúmen não diferiram, mas a redução da gordura do leite pode estar associada tanto à menor produção de acetato quanto à alteração no perfil de ácidos graxos do leite. A substituição em 100% do farelo de soja por farinha de peixe resultou em menor síntese de ácidos graxos na glândula mamária, aumento de ácido vaccênico (*trans*-11 C18:1), precursor do ácido rumênico (*cis*-9, *trans*-11 C18:2 CLA), sem alterar os níveis de ácido linoleico e linolênico no leite. O aumento da proteína do leite pode estar associado ao maior aporte e captação de lisina e metionina pela glândula mamária proporcionado pela menor degradação proteica no rúmen ou menor catabolismo de aminoácidos no fígado, sendo que esses aminoácidos são limitantes em dietas à base de silagem de milho (O'Mara et al., 1997; Abu-ghazaleh et al., 2001a).

Por outro lado, Pina et al. (2006a) avaliaram a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão 38% de PB ou 28% de PB ou farelo de soja mais 5% de ureia na MS do concentrado, representando uma substituição de 52% do farelo de soja, em vacas de média produção, entre 60 e 120 dias de lactação, suplementadas com silagem de milho. O consumo de MS (kg/dia, %pv e g/UTM) e o de MO não diferiram entre os tratamentos, mas houve redução no consumo de NDT para as dietas com farelo de algodão e ureia. O consumo de proteína não degradada no rúmen (PNDR) foi inferior para dietas com farelo de algodão 28% de PB e ureia. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes foram superiores na dieta com farelo de soja em comparação ao farelo de algodão ou ureia. Contudo, a substituição do farelo de soja não refletiu em perda na produção de leite e de PLCG. Observou-se apenas uma menor produção de proteína do leite nas dietas com farelo de algodão e menor eficiência na utilização do nitrogênio, o que, de modo geral, não comprometeu a produção e a eficiência de síntese de proteína microbiana ou os níveis de nitrogênio ureico do leite (Pina et al., 2006b). Geralmente, o farelo de algodão possui menor concentração de lisina e metionina em relação ao farelo de soja e menor digestibilidade da proteína (Blackwelder et al., 1998; Santos et al. 1998). Assim, as reduções nos níveis de proteína do leite devem ser consideradas, pois refletem em menor remuneração e, juntamente com os valores do preço do leite e do farelo de algodão, irão determinar a escolha da fonte de proteína empregada no balanceamento da dieta.

Alguns estudos têm mostrado aumento nas respostas para crescimento e produção de leite quando se aumenta o suprimento de aminoácidos no intestino de ruminantes (Schelling e Hatfield, 1968; Chalupa, 1975). Uma possível maneira de se aumentar este suprimento é o tratamento dos suplementos proteicos (Ferguson et al., 1968; Driedger e Hatfield, 1972). Entretanto, Ahrar e Schingoethe (1979) não observaram diferenças significativas na produção e composição do leite entre grupos de vacas alimentadas com farelo de soja tratado termicamente ou extraído por solvente, embora a produção de leite tenha sido ligeiramente superior para os animais que receberam farelo de soja tratado termicamente durante as primeiras oito semanas de lactação. Isso está de acordo com Netemeyer et al. (1982), que também não encontraram diferenças na composição do leite, no entanto a produção de leite foi superior para os animais que receberam farelo de soja tratado termicamente em comparação ao farelo de soja obtido convencionalmente. Já Sahlu et al. (1984), avaliando farelo de soja convencional, farelo de soja aquecido e extrusado na dieta de vacas da terceira à décima semana de lactação, observaram que vacas com produção de leite superior a 30kg/dia apresentaram maior produção de leite, maior produção de leite corrigida para 4% de gordura e mais sólidos no leite que as alimentadas com farelo de soja convencional. No entanto, as vacas com menor produção de leite não responderam ao tratamento do farelo de soja. Tal fato pode estar associado à menor necessidade de aminoácidos no intestino desses animais, os quais provavelmente foram supridos pela síntese microbiana ruminal.

A qualidade do tratamento térmico é determinante nas respostas animais, e o controle da temperatura bem como o tempo durante o tratamento térmico da soja devem ser

eficientemente controlados para garantir respostas produtivas. Titgemeyer e Shirley (1997) avaliaram a temperatura do processamento expeller (121°C a 150°C) na degradabilidade da proteína e respostas produtivas em vacas de alta produção em comparação ao farelo de soja extraído por solvente. O aumento da temperatura de 121°C para 132°C foi suficiente para reduzir a degradabilidade da proteína, contudo valores superiores a 50% de PNDR foram obtidos com temperaturas próximas a 146°C. A condição corporal, o consumo, a produção de leite e o teor de gordura do leite não foram modificados pelo tipo de farelo de soja usado. O farelo de soja expeller proporcionou aumento de 4% na eficiência produtiva, porém reduziu o teor de proteína do leite, apesar de não ter comprometido os teores de aminoácidos e ureia do plasma. Awawdeh et al. (2007) avaliaram diferentes formas de tratamento do farelo de soja para aumentar o aporte de PNDR para intestino e potencializar a produção de vacas com nível intermediário de produção (33 kg/dia). O farelo de soja obtido por solvente foi comparado aos tratamentos expeller, com lignossulfato ou com *Saccharomyces cerevisiae*. Os tratamentos do farelo de soja foram eficientes em aumentar a PNDR, mas falharam em aumentar o desempenho produtivo dos animais, pois não alteraram a produção de leite, PLCG, composição do leite ou eficiência alimentar. A ausência de resultados positivos indica que a dieta-controle com farelo de soja extraído com solvente foi eficiente em suprir as exigências tanto de proteína degradada no rúmen (PDR) quanto de PNDR. Desse modo, respostas positivas podem ser evidentes em dietas em que os ingredientes utilizados no balanceamento não supram de forma eficiente o aporte de PNDR.

Outra alternativa de tratamento do farelo de soja para aumentar a porcentagem de PNDR e o aporte de aminoácidos ao intestino delgado é o uso de formaldeído (Ivan et al., 1996). Atwal et al. (1995) avaliaram o desempenho de vacas no terço inicial e médio da lactação suplementadas com farelo de soja tratado com formaldeído. O uso do formaldeído reduziu a degradabilidade da proteína, o que pode ser responsável em parte pela redução ($p < 0,10$) na digestibilidade aparente da MS, FDA e PB da dieta. Entretanto, não houve comprometimento do consumo, produção ou composição do leite em animais no início da lactação. Por outro lado, durante o terço médio da lactação, o uso do farelo de soja tratado com formaldeído resultou em aumento na produção de leite e persistência na lactação.

Loor et al. (2002) relataram maiores teores de ácido oleico, linoleico, linolênico, vaccênico e rumênico (CLA) no leite de vacas suplementadas com farelo de soja obtido por prensagem em comparação à extração com solvente. Isso pode estar associado ao fato de a extração do óleo por prensagem resultar em farelo com maior teor de lipídios, bem como em maior proteção parcial desses lipídios pelo aumento da temperatura, reduzindo a bio-hidrogenação ruminal.

Netemeyer et al. (1980) não encontraram diferenças na concentração de amônia ruminal nem na digestibilidade dos componentes da dieta para novilhos alimentados com dietas contendo diferentes tamanhos de partícula do farelo de soja. Já Crawford e Hoover (1984) relataram maior ingestão de alimento (22,0 e 20,8kg de MS/dia, respectivamente) e maior ganho de peso para vacas alimentadas com farelo de soja

finamente moído em comparação ao grosseiramente moído, contudo a produção de leite não foi afetada pelo tamanho de partícula. A moagem fina do farelo de soja reduziu discretamente a eficiência produtiva de 1,47 para 1,42kg de leite/kg de MS ingerido.

5. RECOMENDAÇÕES DE USO

O farelo de soja é o alimento proteico considerado padrão. Pode ser a base proteica de rações de pré-ruminantes e de ruminantes jovens e adultos, sem apresentar restrições de uso.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O farelo de soja é o alimento proteico base nas dietas dos animais, entretanto sua qualidade é dependente do processamento e do nível de inclusão de cascas. Dessa forma, o monitoramento da qualidade do processamento é fundamental para garantir a eliminação de fatores antinutricionais e não comprometer a disponibilidade e a digestibilidade da proteína por superaquecimento.

A utilização deste alimento deve ser feita em dietas balanceadas para corrigir as deficiências em metionina e, assim, atender as necessidades dos animais a serem suplementados, permitindo otimizar o desempenho.

Os diferentes tratamentos térmicos e químicos do farelo de soja aumentam o aporte de proteína não degradada no rúmen, mas as respostas no desempenho animal dependem do nível de produção, do estágio da lactação, da interação entre os ingredientes e da composição e balanceamento geral da dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-GHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Blood amino acids and milk composition from cows fed soybean meal, fish meal, or both. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.1174-1181, 2001a.

ABU-GHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Conjugated linoleic acid and other beneficial fatty acids in milk fat from cows fed soybean meal, fish meal, or both. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.1845-1850, 2001b.

AHRAR, M.; SCHINGOETHE, D.J. Heattreated soybean meal as a protein supplement for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.932-940, 1979.

ANTUNES, P.L.; SGARBIERI, E.V.C. Processamento e valor nutricional da soja, *Glycine max (L.) Merrill. Agros*, v.15, p.65-84, 1980.

AQUINO, A.A.; BOTARO, B.G.; IKEDA, F.S. et al. Efeito de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a composição físico-química do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.881-887, 2007.

ARABA, M.E.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poult. Sci.*, v.69, p.76-83, 1990.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE RAÇÕES. *Matérias-primas para a alimentação animal*. 4.ed. São Paulo, SP: ANFAR, 1985. 65p.

ATWAL, A.S.; MAHADEVAN, S.; WOLYNETZ, M.S. et al. Increased milk production of cows in early lactation fed chemically treated soybean meal. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.595-603, 1995.

AWAWDEH, M.S.; TITGEMEYER, E.C.; DROUILLARD, J.S. et al. Ruminal degradability and lysine bioavailability of soybean meals and effects on performance of dairy cows. *J Dairy Sci.*, v.90, p.4740-4753. 2007.

BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2934-2941, 1998.

BORUCKI-CASTRO, S.I.; PHILLIP, L.E.; LAPIERRE, H. et al. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in treated soybean meal products. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.810-822. 2007.

CAN, A.; YILMAZ, A. Usage of xylose or glucose as non-enzymatic browning agent for reducing ruminal protein degradation of soybean meal. *Small Rumin. Res.*, v.46, p.173-178, 2002.

CARMO, C.A.; SANTOS, F.A.P.; IMAIZUMI, H. et al. Substituição do farelo de soja por ureia ou amireia para vacas em final de lactação. *Acta Scient.*, v.27, p.277-286, 2005.

CHALUPA, W. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.*, v.58, p.1198-1218, 1975.

CHURCH, D.C. *Livestock feeds and feeding*. Corvallis, OR: O & B Books, 1984.

CRAWFORD JR, R.J.; HOOVER, W.H. Effects of particle size and formaldehyde treatment of soybean meal on milk production and composition for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.1945-1952, 1984.

DE SCHRIJVER, R. An evaluation of the uréase activity test for determining the quality of soybean oil meal. *Vlaams Diergeneesk. Tijdschr.*, v.46, p.333-339, 1977.

DEMJANEC, B.; MERCHEN, N.R.; CREMIN Jr, J.D. et al. Effect of roasting on site and extent of digestion of soybean meal by sheep: I. Digestion and nitrogen and amino acids. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.824-834, 1995.

DRIEDGER, A.; HATFIELD, E.E. Influence of tannins on the nutritive value of soybean meal for ruminants. *J. Anim. Sci.* v.34, p.465-468, 1972.

FERGUSON, K.A.; HEMSLEY, J.A.; REIS, P.J. Nutrition and wool growth. The effect of protecting dietary protein from microbial digestion. *Aust J. Sci.*, v.30, p.215-217, 1968.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1143-1149, 2001.

GERBER, L.F.P.; PENZ Jr, A.M.; RIBEIRO, A.M.L. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.1359-1365, 2006.

IMAIZUMI, H. *Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína degradável no rúmen sobre o desempenho e parâmetros ruminais e sanguíneos de vacas Holandesas em final de lactação*. 2000. 69f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

IMAIZUMI, H.; SANTOS, F.A.P.; PIRES, A.V. et al. Fontes proteicas e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para alimentar vacas leiteiras. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, p.1413-1420. 2006.

IVAN, M.; MAHADEVAN S.; DAYRELL, M.S. Duodenal flow of microbial and feed nitrogen in sheep fed normal soybean meal or soybean meal treated with modified zein. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.121-126. 1996.

JORGE NETO, G.J. Soja integral na alimentação de aves e suínos. *Avicult. Suinocult. Ind.*, v.82, n.988, p.4-15, 1992.

LASSITER, J.W.; EDWARDS, H.M. Jr. *Animal nutrition*. Reston, VA: Reston Publishing, 1982. p.339-340.

LIMA, L.G.; NUSSIO, L.G.; GONÇALVES, J.S. et al. Fontes de amido e proteína para vacas leiteiras em dietas à base de capim-elefante. *Sci. Agric.*, v.59, p.19-27. 2002.

LINES, L.W.; WEISS, W.P. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1992-1999, 1996.

LJOKJEL, K.; HARSTAD, O.M.; SKREDE A. Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in mink and dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.84, p.83-95, 2000.

LOOR, J.J.; HERBEIN J.H.; POLAN C.E. Trans18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat of grazing cows fed a grain supplement containing solvent-extracted or mechanically extracted soybean meal. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.1197-1207, 2002.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VERÁS, A.S.C. et al. Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.727-736, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 795 de 15 dez. 1993. Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do farelo de soja. *Diário Oficial da União*, Brasília, 20 dez. 1993. Seç.1 , p.19737.

NETEMEYER, D.T.; BUSH, L.J. OWENS, F.N. Effect of particle size of soybean meal on protein utilization in steers and lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.574-578, 1980.

NETEMEYER, D.T.; BUSH, L.J.; WARD, J.W. et al. Effect of heating soybean meal for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.235-241, 1892.

O'DELL, B.L. Effect of dietary camponents upon zinc availability. *Am. J. Clin. Nutr.* v.22, p.1315-1322, 1969.

OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não proteicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1358-1366, 2001a.

OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de ureia em vacas lactantes alimentadas com rações isoproteicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não proteicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1621-1629, 2001b.

O'MARA, F.P.; MURPHY, J.J.; RATH, M. The amino acid composition of protein feedstuffs before and after ruminal incubation and after subsequent passage through the intestines of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1941-1949, 1997.

OST, P.R.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T. et al. Valores energéticos de sojas integrais e de farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. *Ciênc. Agrotec.*, v.29, p.467-475, 2005.

PARSONS, C.M. Procesamiento óptimo de la pasta de soya destinada al consumo animal. *Soya Not.*, n.231, p.1-4, 1992.

PARSONS, C.M.; HASHIMOTO, K.; WEDEKIND, K.J. et al. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.2918-2924, 1991.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Efeitos de indicadores e dias de coleta na digestibilidade dos nutrientes e nas estimativas do valor energético de alimentos para vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.2461-2468. 2006a.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Síntese de proteína microbiana e concentrações de ureia em vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.1552-1559, 2006b.

RAMALHO, R.P.; FERREIRA, M.A.; VERAS, A.S.C. et al. Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e ureia em dietas para vacas mestiças em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, supl., p.1212-1220, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)*. 2.ed.Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.

ROY, J.H.B.; STOBO, I.J.F.; SHOTTON, S.M. et al. The nutritive value of non-milk proteins for the pre-ruminating calf, the effect of replacement of milk protein by soya-bean or fish-protein concentrate. *Br. J. Nutr.*, v.38, p.167-187, 1977.

SAHLU, T.; SCHINGOETHE, D.J.; CLARK, A.K. et al. Lactational and chemical evaluation of soybean meals heat-treated by two methods. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.1725-1738, 1984.

SAID, N. Introduction to dry extrusion, full fat soybean processing. In: PRACTICAL short course manual on feeds and pet food extrusion. College Station, TX: Texas A&M University, 1999. p.1-44.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12 year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. et al. Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2, 2001, Lavras, MG. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p.199-228.

SCHELLING, G.T.; HATFIELD, E.E. Effect of abomasally infused nitrogen sources on nitrogen retention of growing lambs. *J. Nutr.* v.96, p.319-326, 1968.

SCHROEDER, G.E.; ERASMUS, L.J.; LEEUW, K.J. et al. Effect of roasting on ruminal degradation, intestinal digestibility and absorbable amino acid profile of cottonseed and soybean oilcake meals. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.25: p.109-117, 1995.

SILVA, L.D.F.; EZEQUIEL, J.M.B.; AZEVEDO, P.S. et al. Digestão total e parcial de alguns componentes de dietas contendo diferentes níveis de casca de soja e fontes de N em bovinos. *Rev. Bras. Zootec*, v.31, p.1258-1268, 2002.

SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas em lactação: 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec*, v.30, p.1639-1649. 2001a.

SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas em lactação. 2. Estimativas do volume urinário, da produção microbiana e da excreção de ureia. *Rev. Bras. Zootec*, v.30, p.1948-1957. 2001b.

TAYLOR, T.G. The availability of the calcium and phosphorus of plant material for animais. *Proc. Nutr. Soc.*, v.24, p.105-112, 1965.

TITGEMEYER, E.C.; SHIRLEY, J.E. Effect of processed grain sorghum and expeller soybean meal on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.714-721, 1997.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VILELA, F.G.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. et al. Efeito da substituição do farelo de soja pela amireia 150S no consumo, produção e composição do leite. *Ciênc. Agrotec.*, v.31, p.1512-1518, 2007.

WALDROUP, P.W.; RAMSEY, B.E.; HELLWIG, H.M. et al. Optimum processing for soybean meal used in broiler diets. *Poult. Sci.*, v.64, p.2314-2320, 1985.

WILLIAMS, G.W.; TOMPSON, R.L. *A indústria de soja no Brasil, estrutura econômica e políticas de intervenção do governo no mercado*. Brasília, DF: Companhia de Financiamento da Produção, 1988. 80p. (Coleção Análise e Pesquisa, 34).

ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.S. et al. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. *Acta Scient.*, v.23, p.937-943, 2001.

CAPÍTULO 23

CAROÇO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Flávia Cardoso Lacerda Lobato*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*²,
*Isabela Rocha França Machado Veiga*³, *Fernando Pimont Pôssas*⁴

RESUMO

O caroço de algodão se destaca entre os alimentos alternativos para alimentação de vacas leiteiras em função do seu alto valor nutricional. Apresenta características peculiares, já que se assemelha tanto aos concentrados, devido ao alto teor energético, quanto aos volumosos, em função do significativo conteúdo de fibra efetiva. A despeito das características desejáveis, a presença de gossipol e aflatoxinas pode inviabilizar o seu emprego na dieta de ruminantes. Desta forma, objetivou-se neste capítulo analisar o potencial e as limitações da utilização do caroço de algodão em dietas de gado leiteiro.

INTRODUÇÃO

A substituição dos alimentos clássicos utilizados na alimentação animal, notadamente milho e soja, ganha importância principalmente em anos de preços elevados desses alimentos.

Neste sentido, cabe ao produtor ficar atento para a disponibilidade de recursos alimentares alternativos, no sentido de adquiri-los no momento oportuno, a fim de utilizá-los com o intuito de redução do custo da ração total. Entretanto, não é somente o preço que determinará o uso de determinado alimento alternativo, mas também questões quanto à qualidade nutricional, presença de princípios tóxicos ou antinutricionais etc. (Costa, 2003).

O aproveitamento de alimentos alternativos, além de possibilitar uma redução de custos na alimentação, permite-lhes uma destinação mais adequada, reduzindo os riscos de poluição ambiental.

O caroço de algodão, utilizado nos setores produtivos de países como Estados Unidos, Canadá e Israel, destaca-se entre os alimentos alternativos para a

¹ Médica Veterinária, MSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. lobato.fafa@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. fpimont@gmail.com

alimentação de vacas em lactação. Isto se deve à alta concentração de óleo, proteína e ainda fibras (línter e casca) desse alimento, permitindo a substituição de alimentos volumosos sem causar danos à fermentação ruminal (Delgado, 1994). Desta forma, a utilização do caroço de algodão em dietas de vaca de leite assume importância sob o ponto de vista econômico, nutricional e ambiental.

No Brasil, existe um grande potencial para a utilização do caroço de algodão na alimentação animal devido à substituição do óleo de algodão pelo de soja para o consumo humano, bem como aos benefícios de sua utilização (baixo incremento calórico) por animais em regiões quentes (Delgado, 1994).

1. HISTÓRIA DO ALGODÃO E PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO

O algodão foi considerado uma cultura de exportação durante muitos anos no Brasil, apresentando retomadas de crescimento quando ocorriam problemas na produção norte-americana. Somente a partir de 1890, com o crescimento e a consolidação da indústria têxtil no Brasil, a produção nacional se torna firme e crescente, com o algodão assumindo a condição de principal cultura agrícola dos estados nordestinos (Takeya, 1985, citado por Kouri e Santos, 2007), produzindo de 10 a 20% de excedentes para a exportação e tornando o Brasil um dos principais produtores e exportadores do mundo (Beltrão, 1996). No início da década de 1980, porém, diversos problemas concorreram para provocar uma crise na produção algodoeira no Nordeste, sobressaindo-se o tradicionalismo da estrutura de produção, a incapacidade de convivência com o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) e a política agrícola do Governo Federal que inviabilizava economicamente a cultura (Kouri e Santos, 2007).

Com o desmantelamento da cadeia produtiva do algodão nessas regiões, o Brasil passou da condição de um dos maiores exportadores de algodão para a de maior importador. Entretanto, a necessidade de uma cultura rentável e de valor agregado compatível financeiramente com a sucessão da soja, transformou os cerrados brasileiros, especialmente no centro-oeste e oeste do estado da Bahia, na nova fronteira agrícola do país também na produção de algodão (Kouri e Santos, 2007). Atualmente, os estados do Mato Grosso e Bahia lideram a produção nacional de algodão.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, haverá uma redução de 21,3% (229,4 mil hectares) da área plantada com algodão no país em 2008/09 em relação à safra 2007/2008. Na safra 2007/08, a produção brasileira de algodão em pluma e de caroço de algodão totalizou, respectivamente, 1,60 e 2,50 milhões de toneladas. Para a temporada 2008/09, a previsão de redução da produção, tanto de pluma quanto de caroço de algodão, é de 22,1% e 22,2%, respectivamente.

2. COMPOSIÇÃO DO CAROÇO DE ALGODÃO

O cultivo do algodão visa, principalmente, à produção de fibras para a indústria têxtil, de onde é retirada a pluma. A cultura também gera coprodutos, como o caroço, a torta e o farelo, empregados em larga escala na alimentação animal, principalmente de ruminantes (Gonçalves e Borges, 1997).

O algodão em caroço apresenta valores médios de 36% de pluma, 58% de caroço e 6% de quebra (Passos, 1977, citado por Rodriguez e Guimarães Jr., 2005). A maior parte da pluma é extraída durante o seu beneficiamento pela indústria têxtil, o que origina o caroço de algodão, composto por três partes: a fibra (composto pelo línter e sobras da pluma), a casca e a amêndoa (Silva, 1995). A semente, composta pela casca e amêndoa, estará coberta pelo línter, apresentando teores altos de óleo, e contém em média 60% de caroço e 40% de fibra. A amêndoa liberada com a quebra das cascas possui de 30% a 40% de proteínas e 35% a 40% de lipídios (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2003). Cerca de 90% do caroço de algodão se dirige para a extração de óleo e a fabricação de farelo. Os 10% restantes são utilizados na sua forma integral, principalmente na dieta de ruminantes (Silva, 1995).

3. VALOR NUTRICIONAL

O caroço de algodão é um alimento com características peculiares, pois contém alto teor energético, assemelhando-se aos alimentos concentrados, além de ser rico em fibra efetiva, comum aos alimentos volumosos (National Research Council - NRC, 2001). De acordo com Borges (1997), o caroço de algodão é capaz de balancear energeticamente uma dieta, sem, no entanto, comprometer seu teor fibroso, além de contribuir expressivamente para a fração proteica da mistura final.

A composição média do caroço de algodão está apresentada na Tabela 1, onde se vê uma compilação de dados de vários autores. A tabela demonstra a necessidade da análise prévia deste produto antes de sua inclusão nas dietas devido às variações nos conteúdos de seus nutrientes. As diferenças em composição bromatológica do caroço de algodão resultam em parte do tamanho da semente, conteúdo de línter da casca e possíveis contaminações do material em análise (Zinn e Plascencia, 1993).

O caroço de algodão é relativamente rico em proteína, comparado com grãos de cereais, e pode suprir uma importante porção da exigência de proteína de uma vaca leiteira (Fernandes et al., 2002). Pena et al. (1986), estudando o local e a extensão da digestão da proteína do caroço de algodão em vacas leiteiras, observaram que 33,2% da digestão ocorria no rúmen e 34,7% no intestino delgado. Teixeira et al. (2002) avaliaram a influência do processamento do caroço de algodão na degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro, encontrando valores baixos para o caroço de algodão inteiro quando comparado ao caroço moído. No entanto, os autores consideraram que o fornecimento do caroço de algodão inteiro

constitui um modo de aumentar a fração de proteína não degradada no rúmen, o que, em alguns casos, pode ser fundamental no balanceamento de rações. Como o aumento da produção de leite e a elevação da taxa de crescimento são observados quando se aumenta o suprimento de proteína dietética que chega ao duodeno, característica desejável para grandes produtoras, o caroço de algodão tem sido incluído na dieta desses animais (Tagari et al., 1986).

Tabela 1. Composição química do caroço de algodão expressa em % da MS.

Nutrientes	Alimento		
	Caroço de algodão	Caroço de algodão	Caroço de algodão
MS	89,50	90,64	92,60
MO	86,14	96,32	96,40
PB	22,69	22,62	21,03
EE	12,16	18,90	21,20
FDN	30,80	46,04	44,97
FDA	-	35,85	33,37
NDT	-	81,92	84,33
EB (Mcal/kg MS)	-	5,57	-
Autores	Paulino et al. (2002)	Valadares Filho et al. (2006)	Melo et al. (2006)

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais e EB: energia bruta.

4. EFEITO SOBRE A PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE

Os resultados encontrados em relação à produção e composição do leite ao se utilizar caroço de algodão na dieta são muito distintos.

Alguns estudos para avaliação dos efeitos da inclusão do caroço de algodão em dietas de vacas em lactação demonstraram resultados de maiores produções de leite (Anderson et al., 1979; Wilks et al., 1991), produção de leite corrigida para 4% de gordura (Anderson et al., 1979; Smith et al., 1981; Horner et al., 1986) e para 3,5% de gordura (Wilks et al., 1991; Melo et al., 2006). Entretanto, outros autores não observaram efeitos positivos na utilização de caroço de algodão em aumento de produção de leite (Smith et al., 1981; Villela et al., 1996; Melo et al., 2006) e produção corrigida para 4% de gordura (Villela et al., 1996). Fernandes et al. (2002) observaram efeito quadrático na produção de leite ($P < 0,05$) com o aumento de CA na dieta e uma tendência de efeito quadrático ($P < 0,1$) para produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, em dietas contendo silagem de milho. Segundo Melo et al. (2006), o caroço de algodão melhorou o desempenho animal quando incluído em até 25% da matéria seca em dietas à base de palma forrageira.

A adição de óleos poli-insaturados ou parcialmente hidrogenados em dietas de ruminantes tende a reduzir a porcentagem de gordura no leite (Selner e Schultz,

1980). A explicação para este fato pode estar na redução da digestibilidade da fibra, decorrente de um mecanismo físico de recobrimento da fibra com gordura, dificultando o ataque microbiano e provocando efeitos tóxicos diretamente sobre certos microrganismos, bem como redução na disponibilidade de cátions por se combinarem com os ácidos graxos (Palmquist e Jenkins, 1980). No entanto, Melo et al. (2006) não encontraram diferenças no teor de gordura (3,18%) do leite, ao avaliarem a dieta de vacas leiteiras à base de palma forrageira adicionada de caroço de algodão. Já Fernandes et al. (2002) observaram aumento linear da concentração de gordura (%) ($P < 0,05$), porém a produção de gordura do leite (g/d) não foi alterada ($P > 0,05$). Smith et al. (1981), utilizando caroço de algodão em níveis de 0, 5, 15 e 25%, observaram aumento no teor de gordura do leite quando foram empregados 15% e 25% deste alimento. Foi relatado por Smith et al. (1981) que, quando os níveis de cátions, especialmente o cálcio, são mantidos altos, não se observa depressão na digestibilidade da fibra. Além disso, a suplementação com sementes de oleaginosas inteiras, como as do caroço de algodão, embora apresente níveis elevados de óleo, mantém ou aumenta a porcentagem de gordura do leite, porque a gordura está encapsulada, permitindo uma liberação lenta no rúmen, e parte escapa para ser aproveitada no abomaso (Mohamed et al., 1988).

O efeito mais consistente com relação à composição do leite de animais alimentados com caroço de algodão é um aumento da ordem de 0,2 a 0,3 unidades no teor de gordura (Rodriguez e Guimarães Jr., 2005). Horner et al. (1988) demonstraram que, em dietas contendo caroço de algodão, a concentração de acetato é aumentada de 15 a 30%. Este efeito pode ser explicado pela fermentação da fibra do algodão, que é de alta digestibilidade e produz ácido acético, disponível para a síntese de gordura do leite. Além disso, a adição da amêndoa permite uma redução no conteúdo de amido, com aumento no conteúdo de fibra, sem que haja redução na densidade energética da dieta (Rodriguez e Guimarães Jr., 2005). Segundo Belibasakis e Tsirgogianni (1995), este efeito benéfico do caroço de algodão, no teor de gordura do leite, está relacionado diretamente ao aumento no consumo de gordura e ao menor incremento calórico dela proveniente. Smith et al. (1981) e Lubis et al. (1990) relataram que dietas com caroço de algodão diminuem a síntese de ácidos graxos de cadeia curta na glândula mamária, porém ocorre transferência dos ácidos graxos de cadeia longa, do caroço de algodão para o leite, o que resulta em aumento líquido da porcentagem e produção de gordura do leite.

Outro efeito observado pela adição de caroço de algodão e outras fontes de gordura na dieta é uma redução na porcentagem de proteína do leite. Wu et al. (1994) observaram que a produção de proteína (1,06 x 1,01Kg/dia) de grupos controle e suplementados com caroço de algodão foi semelhante, mas a porcentagem de proteína do leite (3,20 x 3,03%) foi menor. Bertrand et al. (1998) também encontraram reduções na proteína de 0,3 unidades percentuais. A utilização de gordura suplementar reduz a síntese de proteína do leite, devido à indução da resistência à insulina, hormônio responsável pela estimulação do transporte de aminoácidos para o interior da glândula mamária. Além disso, a substituição de grãos pelo caroço resulta em menos precursores de glicose e uma redução da insulina sanguínea (Palmquist e

Moser, 1981). No entanto, Vilela et al. (1996), avaliando quatro níveis de inclusão do caroço de algodão (0, 10, 20 e 30%) em dietas contendo silagem de milho e 1Kg de concentrado para cada 2,5Kg de leite produzido, não observaram diferenças significativas quanto ao teor de proteína do leite.

5. LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE ALGODÃO

5.1. Gossipol

O gossipol é um composto polifenólico de cor amarela antioxidante e antipolimerizante produzido em glândulas localizadas nas raízes, folhas, hastes e sementes da planta do algodão (Gonçalves e Borges, 1997; Santos, 1997). A toxidez dessa substância fornece proteção à planta contra danos provocados por insetos, e isso se deve à presença da molécula na sua forma livre. Todo gossipol contido no caroço de algodão integral cru está na forma livre (Kerr, 1989, citado por Rodriguez e Guimarães Jr., 2005). Variedades aglandulares de algodão têm sido desenvolvidas. No entanto, tais variedades necessitam de níveis altos de inseticida para produzirem bem, o que torna o cultivo muito oneroso (Poore e Rogers, 1995).

Existem diferenças quanto à susceptibilidade à intoxicação pelo gossipol entre as espécies, sendo os ruminantes os mais resistentes. A intoxicação pelo gossipol em ruminantes é rara e improvável, a não ser que sejam fornecidas quantidades superiores a 3 ou 4Kg por dia (Food and Agriculture Organization - FAO, 1992). Os ruminantes têm habilidade de tolerar o gossipol porque os microrganismos do rúmen promovem ligações com o grupo ϵ -amino, que impedem a sua absorção, razão pela qual não se recomenda a inclusão de caroço de algodão em dietas de bezerro, sem o pleno desenvolvimento ruminal (Santos, 1997; Arieli, 1998).

Os sinais de intoxicação por gossipol em monogástricos, pré-ruminantes e ruminantes são similares e incluem dispnéia, diminuição da taxa de crescimento e anorexia, mas não são patognômicos. Edema generalizado, congestão dos pulmões e fígado, hidrotórax, ascite e degeneração das fibras musculares cardíacas são os principais achados de necrópsia (Randel et al., 1992).

Evidências experimentais revelam que nos machos o gossipol exerce inibição direta e irreversível sobre a contratilidade dos órgãos reprodutivos (Medeiros et al., 1989). Risco et al. (1993) observaram que touros apresentavam menor concentração de espermatozoides normais no ejaculado a partir da quinta semana de inclusão do caroço de algodão na dieta. Devido à importância que touros ainda possam ter em alguns rebanhos leiteiros, recomenda-se não adicionar caroço de algodão na dieta de tais animais (Poore e Rogers, 1995).

Em relação aos efeitos do gossipol na reprodução de vacas, estudos *in vitro* demonstram que o gossipol compromete o desenvolvimento de embriões bovinos e a produção de progesterona por células luteínicas (Randel et al., 1992). Porém, não se

têm observado os mesmos resultados em experimentos *in vivo*. De acordo com Santos et al. (2004), o gossipol pode ser tóxico para as glândulas mamárias e, quando presente em grandes concentrações no plasma sanguíneo (acima de 5g/ml), reduz a qualidade e o desenvolvimento embrionário, diminuindo as taxas de concepção.

5.2. Micotoxinas

Aspergillus flavus e *A. parasiticus* são fungos de grande importância na agricultura, por contaminarem várias culturas e produzirem aflatoxinas, tanto na pré como na pós-colheita (Steinhart et al., 1996). Dentre as aflatoxinas, destacam-se B1, B2, G1 e G2, que são bem conhecidas e estudadas do ponto de vista toxicológico (Sharma e Salnke, 1991). Quando um animal ingere um alimento contaminado com aflatoxina B1, de 0,5 a 5% da toxina ingerida é biotransformada, no fígado, em aflatoxina M1 (Hussein e Brasel, 2001). A aflatoxina M1 é um dos metabólitos tóxicos que pode ser excretada pelo leite de animais que ingerem alimentos contaminados. Segundo Cruz (1995), a intoxicação aguda por micotoxina pode levar à morte. Entretanto, ruminantes adultos, por possuírem capacidade de detoxificar parte da toxina no rúmen, são menos susceptíveis à aflatoxicose. Frequentemente, são observados casos de queda de produção, redução na conversão alimentar e peso, maior susceptibilidade a doenças infecciosas e parasitárias (Marquardt, 1996).

Para minimizar as perdas em decorrência desta contaminação, é aconselhável estocar o alimento em local protegido da chuva, com piso cimentado e inclinado. A semente deve apresentar menos de 10% de umidade, e recomenda-se, ainda, a utilização de ventilação forçada (Tomich e Gonçalves, 1997). Segundo Cappock et al. (1987), a amoniação reduz a concentração de aflatoxina do caroço de algodão a níveis bastante baixos, permitindo que a presença de M1 não seja detectada.

A Organização Mundial de Saúde recomenda a redução do consumo de aflatoxina M1 para um nível que minimize o risco potencial de sua ingestão (López et al., 2001). No Brasil, o limite máximo de aflatoxina M1 permitido segue a definição do MERCOSUL, GMC/RES. nº56/94, que estipula $0,5\text{g.L}^{-1}$ (ppb) em leite fluido e $5,0\text{mg.L}^{-1}$ (ppb) para leite em pó. Para alimentos destinados ao consumo animal, o limite máximo permitido é 50ng.g^{-1} (ppb) para a soma das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 (Ministério da Agricultura - MA, 1988; Gonzalez et al., 2004).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do caroço de algodão surge como alternativa para alimentação de vacas de alta produção, em função de seu alto valor nutricional.

A inclusão do caroço de algodão pode influenciar a produção e a composição do leite. O caroço de algodão não deve ser utilizado na dieta de reprodutores, tendo em vista seus efeitos negativos sobre a reprodução. Animais jovens também não devem receber este coproduto.

O limite de inclusão do caroço de algodão em bezerros desmamados e em animais adultos deve ser de 0,33% e 0,50% do peso vivo por dia, respectivamente.

Cuidados na produção, no armazenamento e no beneficiamento do caroço devem ser tomados, visando à obtenção de um alimento que se enquadre nos padrões de qualidade exigidos pela legislação vigente no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M.J.; ADAMS, D.C.; LAMB, R.C. et al. Feeding whole cottonseed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.1098-1103, 1979.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattlefeeding: a review. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.72, p.97-110, 1998.

BELIBASAKIS, N.G., TSIRGOGIANNI, D. Effect of whole cottonseed on milk, milk composition, and blood components of dairy cows in hot weather. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.52, p.227-235, 1995.

BELTRÃO, N.E.M. *Informações sobre o algodão no Brasil: situação, problemas, perspectivas e possíveis soluções*. Campina Grande: CNPA/Embrapa, 1996. 20p. (Documentos, 48).

BERTRAND, J.A.; PARDUE, F.E.; JENKINS, T.C. Effect of ruminally protected amino acids on milk yield and composition of Jersey cows fed whole cottonseed. *J. Anim. Sci.*, v.81, p.2215-2220, 1998.

BORGES, I. *Influência da dieta na degradabilidade in situ do caroço de algodão integral e do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado, na dinâmica da fermentação ruminal e na cinética sanguínea de ovinos*. 1997. 130f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

CAPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.18, p.89-129, 1987.

COSTA, M.L. Utilização de alimentos alternativos na alimentação de bovinos de corte. Jun. 2003. Disponível em: < <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=447>>. Acessado em: 20 mar. 2009.

CRUZ, L.C.H. Características gerais das micotoxinas e micotoxicoses: Reflexos na indústria avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MICOTOXINAS E MICOTOXICOSES EM AVES, 1, 1995, Curitiba, PR. *Anais...* Curitiba, PR: Facta, 1995. p.1-13.

DELGADO, E.F. *Caroço de algodão e milho-grão, em diferentes formas físicas, na alimentação de vacas em lactação*. 1994. 89f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Cultura do algodão herbáceo na agricultura familiar: Subprodutos do algodão*. Janeiro de 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar/subprodutos.htm>>. Acessado em: mar. 2009. Embrapa

FERNANDES, J.J.R.; PIRES, A.V.; PORTELA, F.A. Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação. *Acta Scient.*, v.24, p.1071-1077, 2002.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. *Tropical feeds*. 3.0. Oxford: Computer Journal, 1992. Disponível em <<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/TFEED8/index.htm>> Acessado em: abr. 2009.

GONÇALEZ, E.; PINTO, M.M.; MANGINELL, S. et al. Dairy cows poisoned with cottonseed meal naturally contaminated with aflatoxins. *Cienc. Rural*, v.34, n.1, p. 171-174, 2004.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Farelo e caroço de algodão. In: _____. *Alimentos e alimentação de gado de leite*. Belo Horizonte: UFMG/EV, 1997. p.21-22. 265p. Apostila.

HORNER, J.L.; CAPPOCK, C.E.; MOYA, J.R. Effects of whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, milk yield and composition and responses of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.1239-1247, 1988.

HORNER, J.L.; CAPPOCK, C.E.; SCHELLING, G.T. et al. of Niacin and Whole Cottonseed on Intake, Milk Yield and Composition, and Systemic Responses of Dairy Cows. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.3087-93, 1986.

HUSSEIN, S.H.; BRASEL, J.M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, v.167, p.101-134, 2001.

KOURI, J.; SANTOS, R.F. A recuperação da produção do algodão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6, 2007, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: CBA, 2007. 5p.

LÓPEZ, C.; RAMOS, L. RAMADÁN, S. et al. Distribution of aflatoxin M1 in cheese obtained from milk artificially contaminated. *Int. J. Food Microbiol.*, v.64, p.211-215, 2001.

LUBIS, D.; VAN HORN, H.H.; HARRIS Jr., B. et al. Responses of lactating dairy cows to protect fats or whole cottonseed in low or high forage diets. *J. Dairy. Sci.*, v.73, p.3512, 1990.

MARQUARDT, R.R. Effects of molds and their toxins on livestock performance: a western canadian perspective. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.77-89, 1996.

MEDEIROS, Y.S.; COELHO, L.; CALIXTO, J.B. Gossypol affects the responsivenesses of isolated rat myometrium and vas deferens. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v.22, p.1287-1290, 1989.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, p.1165-1171, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. MA/SNAD/SFA. Portaria No. 07, de 09 nov. 1988. *Diário Oficial da União*, Brasília, 09 nov. 1988. Seç.I, p.21968

MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R. et al. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.2677-2688, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in Lactation Rations: Review. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1-14, 1980.

PALMQUIST, D.L.; MOSER, E.A. Dietary fat effects on blood insulin glucose utilization and milk protein content of lactating cows. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.1664-1670, 1981.

PAULINO, M.F.; DATMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, supl., p.484-491, 2002.

PENA, F.; TAGARI, H.; SATTER, L.D. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.62, p.1423-1433, 1986.

POORE, M.H.; ROGERS, G. Feeding whole cottonseed and other cotton by-products to beef cattle. *Vet. Med.*, v.90, p.1077-1087, 1995.

RANDEL, R.D.; CHASE JR, C.C.; WYSE, S.J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1628-1638, 1992.

RISCO, C.A.; CHENOWETH, D.J.; LARSEN, R.E. et al. The effects of gossipol in cottonseed meal on performance and on hematological and semen traits in postpubertal Brahman bulls. *Theriogenology*, v.40, p.629-642, 1993.

RODRIGUEZ, N.M.; GUIMARÃES Jr, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3, 2005, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte, EV/UFMG, 2005. p.65-91.

SANTOS, J.E.P.; THATCHER, W.W.; CHEBEL, R.C. et al. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.*, v.82/83, p.513-535, 2004.

SANTOS, R.L. Efeitos do gossipol sobre a reprodução. *Cad. Téc. Esc. Vet. UFMG*, n.21, p.73-82, 1997.

SELNER, D.L.; SCHUTZ, L.H. Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.1235-1241, 1980.

SHARMA, R.P.; SALUNKHE, D.K. Introduction to mycotoxins. In: SHARMA, R.P.; SALUNKHE, D.K. (Ed.). *Mycotoxins and phytoalexins*. London : CRC, 1991. p.3-12.

SILVA, F.F. O caroço de algodão na alimentação de vacas de leite. In: SEMINÁRIO de zootecnia. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1995. 6p.

SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L. et al. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.2209-2215, 1981.

STEINHART, C.E.; DOYLE, M.E.; COCHRANE, B.A. *Food safety*. New York, NY: Editora, 1996. p.376-394.

TAGARI, H.; PENA, F.; SATTER, L.D. Protein degradation by rumen microbes of heat treated whole cottonseed. *J. Anim. Sci.*, v.62, p.1732-1736, 1986.

TEIXEIRA, J.C.; SILVA, E.A.; BRAGA, R.A.N. et al. Cinética da digestão ruminal do caroço de algodão e do grão de milho em diferentes formas físicas em vacas Holandesas. *Ciênc. Agrotecnol.*, v.26, p.842-845, 2002.

TOMICH, T.R., GONÇALVES, L.C. *Uso do caroço de algodão na alimentação*. 1997. 17p. Nota de aula (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VILELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Caroço de algodão para vacas leiteiras: I. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.25, p.298-308, 1996.

WILKS, D.L.; COPPOCK, C.E.; BROOKS, K.N. Effects of differences in starch content of diets with whole cottonseed or rice bran on milk casein. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1314-20, 1991.

WU, Z.; HUBER, J.T.; CHAN, S.C. et al. Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1644-1651, 1994.

ZINN, R.A, Plascencia, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.11-17, 1993.

CAPÍTULO 24

FARELO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE GADO LEITEIRO

*Alex de Matos Teixeira¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Frederico Osório Velasco³,
Gabriel de Oliveira Ribeiro Júnior⁴*

RESUMO

O farelo ou a torta de algodão comercializados no país não apresentam regularidade quanto ao valor nutricional, o que está relacionado ao método de extração do óleo do caroço e ao nível de adição de cascas. Ao longo deste capítulo, são discutidas informações sobre a inclusão do farelo ou da torta de algodão na dieta de bovinos de leite e seus reflexos no crescimento e na produção de leite.

INTRODUÇÃO

A alimentação animal a partir de subprodutos na forma de resíduos de colheitas tem sido praticada de forma crescente. A maioria destes subprodutos é resultante do processamento da indústria alimentícia e têxtil, sendo sua utilização na dieta de bovinos leiteiros importante em regiões próximas a essas indústrias (Grasser et al., 1995).

Dentre as principais oleaginosas esmagadas nas indústrias brasileiras no ano de 2006, o algodão foi a segunda maior fonte de óleo vegetal, estando atrás apenas da soja, sendo processado em 7% das unidades esmagadoras (Osaki e Batalha, 2008).

1. HISTÓRIA DO ALGODÃO E O CENÁRIO NACIONAL

Apesar da origem ainda controversa, existem evidências do conhecimento e cultivo do algodão, fibra do gênero *Gossypium*, na China de 3.000 a.C. e na Índia 1.500 a.C, respectivamente. Aproximadamente no século X, os árabes o levaram para a Espanha e a Sicília.

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. alexmteixeira@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

⁴ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. gabrielorjunior@yahoo.com.br

No Brasil, o algodão já era cultivado pelos indígenas antes do período da colonização, porém passou a assumir papel de destaque na economia nacional após a Revolução Industrial e durante a Guerra Civil Americana, devido à forte concorrência com o algodão norte-americano. Após períodos de crise e superação com a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, a produção algodoeira enfrentou, na década de 80, um momento dramático com o aparecimento da praga do bicudo, vinda dos Estados Unidos. Esta crise na cotonicultura reduziu expressivamente as lavouras e deslocou o eixo de produção do algodão, até então em São Paulo e Paraná, para o Centro-Oeste, mais precisamente para o Mato Grosso, que hoje é responsável por 48% da produção algodoeira nacional.

A espécie *Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch é a mais plantada no mundo, sendo responsável por 90% da produção mundial de algodão em caroço. Atualmente o Brasil é o quinto maior produtor mundial, com produção de algodão pluma e algodão caroço estimada para a safra 08/09 de 1,2 milhões e 1,9 milhões de toneladas, respectivamente (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009). A área destinada ao cultivo do algodão apresentou uma redução de aproximadamente 20,5% em relação à safra 07/08, porém a produtividade nacional ainda possui papel de destaque, apresentando na última safra o índice mais elevado do mundo (1.423 Kg/há; Agência de Fomento do Estado da Bahia SA - DESENBAHIA, 2008).

Produto	Produção (1000 t)		
	Safra		Variação
	07/08	fev/09	
Algodão – caroço	2.504,7	1.946,3	-22,3%
Algodão – pluma	1.602,2	1.246,5	-22,2%

Fonte: CONAB, 2009.

2. SUBPRODUTOS DO CAROÇO DE ALGODÃO

Cultivado para atender às demandas nacional e internacional da indústria têxtil, o algodoeiro não é somente uma planta fibrosa e oleaginosa, mas também fonte de proteína de qualidade para alimentação animal (Freire, 2006).

Segundo Silva (1996), o processamento de 100Kg de algodão em caroço resulta em 39Kg de pluma ou fibra (destinados às indústrias têxteis) e 61Kg de caroço ou semente (constituído de línter, casca e amêndoa), o qual pode ser utilizado diretamente na alimentação animal ou ser primeiramente submetido às indústrias esmagadoras para extração do óleo.

Dentre os subprodutos obtidos na prensagem do caroço de algodão, o farelo é o mais utilizado na alimentação animal (Silva, 1996) e representa mais de 45% do peso do

caroço. Os demais subprodutos deste processamento são o óleo bruto (16%), línter (8%), casca (27%) e resíduos (4%) (Cottonseed..., 2009a).

O línter é constituído por fibras curtas, inferiores a 12mm (geralmente de 3 a 9mm), que existem na superfície da semente e que são formadas por celulose praticamente pura. Pode ser utilizado como fonte de fibra de alta digestibilidade para ruminantes, quando do uso do caroço de algodão inteiro. A casca, camada externa, é obtida quando o caroço é aberto, liberando o grão ou amêndoa. Devido ao elevado teor de fibra, a casca é pouco atrativa para alimentação de monogástricos, porém muito significativa na alimentação de ruminantes.

3. PROCESSAMENTO DO CAROÇO DE ALGODÃO

As etapas do processamento do caroço de algodão para extração do óleo e consequente obtenção do farelo estão esquematizadas na Figura 1. O processo de extração do óleo é um dos responsáveis pela variação existente na composição química dos farelos encontrados no comércio. O farelo de algodão tem sido produzido primariamente por três formas: extração mecânica (expeller), pré-pressão seguida por solvente e extração direta com solvente (Rogers et al., 2002). Atualmente as indústrias esmagadoras têm empregado um novo método, mais eficiente e barato, que envolve a expansão do caroço antes da extração por solvente. O processo de expansão ajuda na remoção do óleo e na ligação (inativação) do gossipol livre (Cottonseed..., 2009a). Outra possibilidade é a substituição do processo de expansão pela extrusão, o que resulta no farelo de algodão de alta energia.

O farelo pode ser comercializado na forma de farelo, torta, péletes ou flocos. Por definição, a torta de algodão é o nome histórico dado ao resíduo da extração mecânica, apresentando considerável teor de óleo residual (Rogers et al., 2002). Quando moída, a torta passa a ser denominada de farelo (Freire, 2006).

4. VALOR NUTRITIVO

A composição do caroço e de alguns de seus subprodutos é apresentada na Tabela 1. Quando comparado à sua matéria-prima (caroço), o farelo de algodão apresenta menores teores de óleo (extrato etéreo – EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), porém maior conteúdo proteico, podendo este ser duas vezes o valor apresentado pelo caroço.

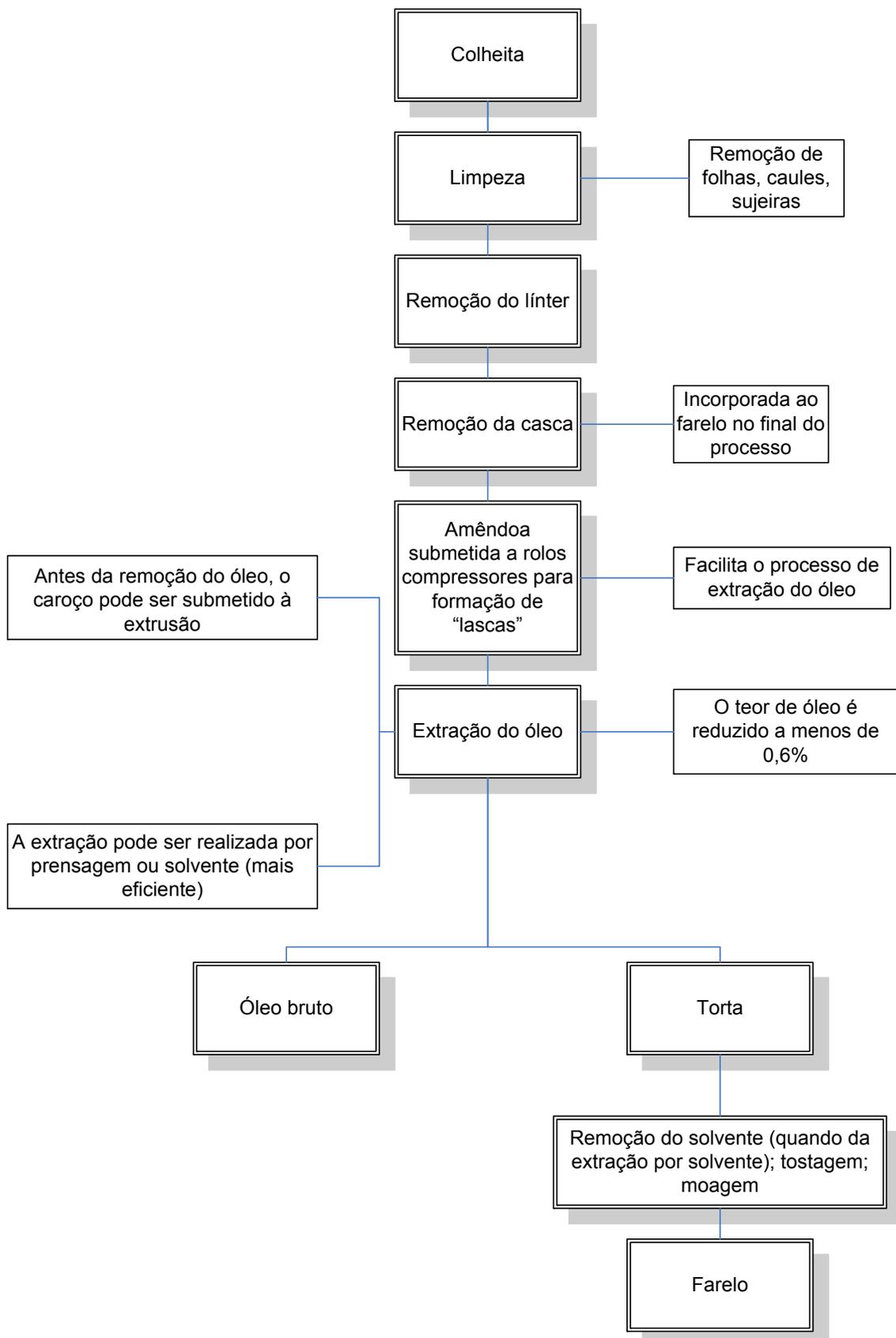


Figura 1. Processamento do caroço de algodão.
 Fonte: Adaptado de Cottonseed... (2009a).

Tabela 1. Composição química do caroço de algodão e de alguns de seus subprodutos.

Nutriente	Casca do caroço de algodão ¹	Caroço de algodão inteiro ¹	Caroço de algodão delintado ¹	Farelo de algodão ²	
				Mínimo	Máximo
MS	89,9%	91,6%	90,0%	86,00%	94,81%
PB	5,0%	22,5%	25,0%	28,01%	44,90%
FDN	86,9%	47,2%	37,0%	30,80%	51,15%
FDA	67,0%	38,8%	26,0%	19,90%	35,67%
EE	1,9%	17,8%	23,8%	0,98%	1,90%
Cinzas	2,8%	3,8%	4,5%	4,50%	6,70%

Fonte: ¹ Cottonseed... (2009b); ² Cunha et al. (1998); Martins et al. (2000); Pereira et al. (2000); National Research Council - NRC, 2001; Rocha Júnior et al. (2003).

A utilização do farelo ou torta de algodão, assim como de qualquer subproduto na alimentação animal, implica o conhecimento do valor nutritivo, haja vista a grande variação observada na composição química destes, além da identificação e quantificação de princípios tóxicos (quando de sua existência).

Como dito anteriormente, o farelo de algodão (FA) é obtido por meio da moagem da torta, a qual pode ser classificada em dois tipos, de acordo com o método de extração do óleo (Freire, 2006):

1. torta gorda: produto oriundo da prensagem mecânica do caroço, apresentando maior teor de óleo (5%);
2. torta magra: produto resultante da prensagem mecânica seguida pela extração do excesso de óleo residual por meio de solventes, resultando em baixo teor de óleo (2%).

Com relação ao aspecto do FA, a extração do óleo por meio de solventes resulta em farelos mais secos. Quanto à sua coloração, esta varia desde amarela clara dourada (extração por solvente) a marrom escura (extração mecânica), sendo dependente da temperatura e do tempo de processamento (Carvalho, 2008).

A composição química do farelo de algodão comparada a outros concentrados proteicos é apresentada na Tabela 2.

A grande variação observada nos teores dos nutrientes dos farelos de algodão é resultado do nível de inclusão de cascas e da forma de processamento. Nas Tabelas 3 e 4, é possível perceber o efeito do método de extração do óleo e do nível de adição de casca, respectivamente, sobre o valor nutritivo do farelo de algodão.

No comércio, é possível encontrar FA com teor de proteína bruta variando de 28 a 43%, sendo esta variação em função da quantidade de cascas adicionada (Carvalho, 2008). Para manter um bom valor nutritivo dos farelos comercializados no país, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (1988) determina que o teor de fibra bruta (FB) desses não ultrapasse o nível máximo de 25%, limitando, assim, a inclusão de cascas.

Tabela 2. Composição química do farelo de algodão e outros concentrados proteicos.

Nutriente	Farelo de soja ¹	Farelo de amendoim ²	Farelo de algodão ³	
			Mínimo	Máximo
MS	88,62%	92,30%	86,00%	94,81%
PB	47,90%	51,80%	28,01%	44,90%
NDT	81,00%	74,80%	66,40%	67,75%
FDN	12,40%	21,40%	30,80%	51,15%
FDA	8,50%	13,50%	19,90%	35,67%
EE	1,62%	1,40%	0,98%	1,90%
Cinzas	6,31%	5,80%	4,50%	6,70%
Ca	0,33%	0,20%	0,20%	0,25%
P	0,57%	0,64%	0,66%	1,15%
NIDN ⁴	2,32%			6,97%
NIDA ⁴	1,01%			5,78%

Fonte: ¹ Valadares Filho (2000); Rocha Júnior et al. (2003); ² NRC, 2001; ³ Cunha et al. (1998); Martins et al. (2000); Pereira et al. (2000); NRC, 2001; Rocha Júnior et al. (2003).

⁴ Porcentagem dos compostos nitrogenados totais.

Tabela 3. Composição química do farelo de algodão obtido por prensagem ou solvente.

Item	Extração mecânica (A)	Extração por solvente expander (B)	Varição ((A - B) / A)
MS	92,30%	89,10%	3,47%
PB	46,10%	47,60%	-3,25%
FDA	18,10%	17,30%	4,42%
FDN	32,30%	24,50%	24,15%
EE	4,60%	2,20%	52,17%
Cinzas	7,20%	7,50%	-4,17%

Fonte: Adaptado de Cottonseed... (2009b).

Tabela 4. Efeito do nível de inclusão de cascas sobre o teor de umidade, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM) do farelo de algodão com 40% de proteína bruta.

Níveis de adição de casca	Umidade	PB	EE	FB	MM
0%	11,13%	38,19%	1,37%	20,67%	5,41%
10%	10,01%	31,00%	0,71%	24,36%	5,34%
20%	10,08%	30,00%	0,89%	25,44%	4,94%
30%	10,09%	25,00%	0,81%	28,67%	4,64%
40%	10,23%	22,45%	0,98%	29,77%	4,23%
50%	10,50%	20,00%	0,98%	32,14%	4,21%
100%	11,07%	4,00%	1,53%	42,32%	2,96%

Fonte: Adaptado de Passos Jr. e Bose (1992).

Apesar do elevado teor de fibra bruta, o farelo de algodão (FA) é classificado como um concentrado, sendo utilizado como fonte proteica. Durante o processo de extração do óleo, o caroço é exposto ao calor, desnaturando proteínas e, assim, bloqueando sítios reativos para enzimas proteolíticas microbianas, permitindo que maior quantidade de proteína chegue ao duodeno (Imaizumi, 2005). Para animais em crescimento e vacas em lactação, o suprimento de proteína microbiana pode ser insuficiente para atender à demanda de produção (Moreira et al., 2003). Por isso, o suprimento correto de quantidades adequadas de PDR (proteína degradável no rúmen) e PNDR (proteína não degradável no rúmen) é necessário para suprir as exigências em proteína metabolizável destes animais (Santos, 2006a).

Pelo sistema de Cornell (CNCPS), a proteína é fracionada em A (totalmente degradada no rúmen), B₁ (rapidamente degradada no rúmen), B₂ (degradação ruminal intermediária), B₃ (lentamente degradada no rúmen) e C (não degradada no rúmen e indigestível nos intestinos) (Sniffen et al., 1992). Segundo Pereira et al. (2000), a fração B₂ serve como fonte de aminoácidos e peptídeos tanto no rúmen quanto no intestino delgado. Sendo assim, o elevado valor referente à fração B₂ (Tabela 5) possibilita o escape ruminal de maior quantidade de proteína dietética, sugerindo que o farelo de algodão seja fonte de PNDR.

Tabela 5. Fracionamento dos compostos nitrogenados do farelo de soja e do farelo de algodão.

Fração nitrogenada (% da proteína bruta)	Farelo de soja ¹	Farelo de algodão ²
A	16,6%	18,3%
B ₁	18,7%	4,2%
B ₂	58,1%	71,7%
B ₃	4,4%	0,8%
C	2,3%	5,1%

Fonte: ¹Geron et al. (2007); ²Pereira et al. (2000).

Moreira et al. (2003) conduziram um ensaio para avaliar a degradação da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) de diferentes concentrados proteicos no rúmen de bovinos alimentados com feno de capim-braquiária e concentrado, numa proporção de 60:40. O farelo de algodão apresentou alta degradação potencial da PB, credenciando-o como boa fonte de nitrogênio para microbiota ruminal. Quando comparado ao farelo de soja, o FA apresentou valores de desaparecimento da PB inferiores nos diversos tempos (Tabela 6), devendo o farelo de algodão ter relativamente maior potencial de suprir a proteína pós-ruminalmente, caso fossem consideradas as mesmas taxas de passagem.

A extensão da digestão ruminal e pós-ruminal da proteína do FA pode variar com a intensidade do calor e da pressão empregados no processo de extração do óleo (Goetsch e Owens, 1985). Estes autores avaliaram o local e a extensão da digestão do nitrogênio, do amido e da matéria orgânica do farelo de algodão obtido por três

métodos de extração do óleo: extração direta por solvente (DS), pré-pressão seguida de extração por solvente (PP) e extração mecânica (EM). Os autores observaram que o escape de nitrogênio e a digestão pós-ruminal da matéria orgânica foram maiores para o farelo de algodão EM, concluindo que o método de processamento interfere na degradação da proteína no rúmen. Outra observação foi que a alta ingestão de matéria seca (IMS) com teor médio de volumoso na dieta parece aumentar as diferenças no escape ruminal da proteína dietética, o que poderia estar associado a diferenças quanto à taxa de passagem.

Tabela 6. Degradação média da proteína bruta do farelo de soja e do farelo de algodão em diferentes tempos de incubação ruminal.

Tempos	Farelo de soja	Farelo de algodão
0	14,9%	19,5%
6	50,1%	49,1%
12	72,0%	60,5%
24	95,9%	79,2%
48	99,8%	94,7%

Fonte: Adaptado de Moreira et al. (2003).

O perfil de aminoácidos do farelo de algodão e o de outros concentrados proteicos encontram-se na Tabela 7. O FA apresenta um perfil de aminoácidos inferior ao da proteína microbiana e ao do farelo de soja, possuindo uma quantidade de lisina e metionina em relação ao total de aminoácidos essenciais inferior ao recomendado por Schwab (1994), citado por Pina (2005), que seria de 15 e 5% (Tabela 8), respectivamente, porém mantendo uma boa relação entre estes aminoácidos (próxima de 3:1). Segundo o NRC (2001), a lisina e a metionina são consideradas como os primeiros aminoácidos limitantes para produção de proteína do leite.

Tabela 7. Composição aminoacídica do farelo de algodão, farelo de soja e farelo de amendoim.

Aminoácido ¹	Farelo de algodão	Farelo de soja (solvente, 45% PB)	Farelo de amendoim
Arginina	11,05%	7,38%	11,07%
Histidina	2,82%	2,77%	2,42%
Isoleucina	3,09%	4,56%	3,27%
Leucina	5,89%	7,81%	6,40%
Lisina	4,13%	6,28%	3,34%
Metionina	1,59%	1,45%	1,17%
Cistina	1,68%	1,52%	1,38%
Fenilalanina	5,31%	5,26%	4,85%
Treonina	3,23%	3,96%	2,69%
Triptofano	1,21%	1,27%	0,98%
Valina	4,24%	5,46%	3,94%

¹Porcentagem da proteína bruta.

Fonte: NRC (2001).

Tabela 8. Porcentagem de lisina e metionina em relação ao total de aminoácidos essenciais.

Fonte	Lisina ¹	Metionina ¹
Tecido corporal	16,3%	5,1%
Bactéria ruminal	18,3%	4,9%
Leite	16,0%	5,5%
Farelo de algodão	9,7%	3,7%
Farelo de soja	13,9%	3,2%

¹Porcentagem do total de aminoácidos essenciais.

Fonte: Adaptado NRC (2001).

5. GOSSIPOL

O gossipol (dialdeído polifenólico) é um pigmento amarelo presente em glândulas distribuídas por todo o algodoeiro, porém estando estas mais concentradas nas sementes (caroço) e raízes. O conteúdo de gossipol pode ser afetado por variedade, condições climáticas (pluviosidade, temperatura), condições do solo, entre outros.

Este pigmento ocorre sob duas formas: livre e ligado, sendo a primeira tóxica para os animais por alterar a estrutura dos eritrócitos. O gossipol afeta a concentração de hemoglobina no sangue, a liberação de oxigênio da hemoglobina, a hemólise e a absorção de ferro no intestino.

Com relação ao efeito do gossipol sobre a reprodução das fêmeas, é possível que este altere o padrão normal do ciclo estral, por meio de seu efeito sobre a esteroidogênese ovarina. De acordo com estudos *in vitro*, possui ainda algum efeito inibitório sobre o desenvolvimento embrionário (Randel et al., 1992). Em relação aos machos, o gossipol produz uma alteração específica sobre a cauda do espermatozoide (aplasia da bainha mitocondrial) (Chenoweth et al., 2000), a qual é tempo e dose dependente (Rogers et al., 2002). Essa lesão primária predispõe a lesões secundárias à medida que o espermatozoide progride no epidídimo (Chenoweth et al., 2000).

O processamento do caroço de algodão para extração do óleo resulta na ruptura das glândulas e na liberação do gossipol livre. Entretanto, o conteúdo final de gossipol livre presente nos farelos é dependente do método empregado na extração do óleo. As altas temperatura e pressão envolvidas na extração mecânica, na pré-pressão seguida por solvente e na expansão seguida por solvente favorecem a ligação do gossipol à lisina, formando um complexo inerte e insolúvel. A formação deste complexo neutraliza a toxicidade do gossipol, porém reduz o valor nutritivo da proteína (Ezequiel, 2002).

O conteúdo total de gossipol no farelo de algodão pode variar de 0,8 a 1,4% (Rogers et al., 2002). Na Tabela 9, são apresentados os teores de gossipol livre e total de diferentes farelos de algodão.

Tabela 9. Teores de gossipol livre e total do caroço de algodão (CA) e do farelo de algodão obtido por extração mecânica (FAEM) ou por expansão seguida de solvente (FAES).

Item	CA	FAEM	FAES
Gossipol livre	0,68%	0,06%	0,14%
Gossipol (total)	0,66%	1,09%	1,16%

Fonte: Adaptado de Cottonseed... (2009b).

Na Tabela 10, são descritos os níveis de gossipol livre considerados seguros em dietas contendo caroço ou farelo de algodão, sendo estes níveis variáveis em função do estágio fisiológico do animal. Os níveis máximos de gossipol livre em dietas contendo caroço são superiores àqueles para dietas contendo farelo, sendo esta diferença relacionada ao fato de que o gossipol do caroço seria liberado mais lentamente, devido à sua maior retenção ruminal (Rogers et al., 2002).

Tabela 10. Níveis máximos de segurança para o gossipol livre na dieta total.

Categoria	Farelo de algodão (ppm)	Caroço de algodão (ppm)
Pré-ruminantes	100-200	100-200
Novilhas	200	900
Vacas adultas	600	1200

Fonte: Adaptado de Rogers et al. (2002).

Os ruminantes são mais resistentes ao gossipol, quando comparados aos monogástricos, o que está associado ao processo de detoxificação por meio de ligações entre o gossipol livre e o grupo ϵ da lisina no rúmen, impedindo a sua absorção (Reiser e Fu, 1962).

6. DESEMPENHO ANIMAL

6.1 - Animais em crescimento

O fornecimento de farelo de algodão para animais lactentes merece atenção, haja vista a existência de um rúmen ainda pouco desenvolvido, o que aumenta a susceptibilidade aos efeitos tóxicos do gossipol, quando comparados a animais adultos (Bangani et al., 2000). Por isso, os níveis máximos de gossipol livre na dieta de bezerros são semelhantes aos de suínos (monogástricos) (Rogers et al., 2002).

Métodos mais eficientes utilizados para extração do óleo do caroço têm resultado na obtenção de farelos com maior valor nutritivo e menores níveis de gossipol livre, o que tem possibilitado a utilização do FA em dietas de bezerros (Hollon et al., 1957). Estes autores avaliaram a utilização de farelos de algodão produzidos por diferentes métodos e contendo diferentes níveis de gossipol livre em dietas de bezerros. Em um dos experimentos, Hollon et al. (1957) compararam o desempenho de bezerros leiteiros recebendo farelo de algodão “degossipolizado” (0,029% de gossipol livre) ou farelo de soja, obtendo respostas semelhantes. Este mesmo comportamento foi relatado por Bangani et al. (2000), que não observaram diferenças no ganho de peso, na ingestão de matéria seca e na conversão alimentar em bezerros da raça Jersey e da raça Holandesa recebendo farelo de algodão ou farelo de soja ao nível de 8% do concentrado. Neste experimento, o conteúdo de gossipol livre das dietas contendo FA foi de 162 ± 43 ppm.

Claypool et al. (1985) avaliaram os efeitos de diferentes suplementos proteicos sobre o desempenho de bezerros da raça Holandesa antes (até 8 semanas) e após a desmama. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo de concentrado, ingestão de leite e ganho de peso diário tanto no período pré quanto no pós-desmama.

Zerbini e Polan (1985) estudaram diferentes fontes de proteína sobre o desempenho de bezerros Holandeses com nove semanas de idade. Foram avaliadas cinco dietas, todas compostas de feno e concentrado na proporção de 26:74 na matéria seca total. Os concentrados foram formulados à base de milho, variando quanto à fonte proteica adicionada (farelo de soja – FS, farelo de glúten de milho – FGM, farelo de algodão ou farinha de peixe – FP). Não houve diferença em relação ao consumo de matéria seca e ao ganho de peso entre os animais que receberam farelo de soja e farelo de algodão.

A formulação de dietas para novilhas envolve o conhecimento das exigências de proteína e energia específicas para estes animais, pois nesta fase ocorre deposição de tecido muscular, acarretando demanda diferenciada por compostos proteicos (Santos et al., 2007). O requerimento de proteína bruta e de proteína não degradável no rúmen é influenciado pelo estágio de crescimento das novilhas (Campos e Assis, 2005). Segundo Lammers e Heinrichs (2000), dietas com maior proporção de proteína em relação à energia resultaram em aumento da eficiência alimentar e melhor desenvolvimento mamário.

Santos et al. (2007) avaliaram duas fontes proteicas (farelo de soja e farelo de algodão) e dois diferentes níveis (1 ou 2Kg) de ração para novilhas leiteiras em dietas à base de silagem de milho. Os autores encontraram que o consumo de matéria seca e o ganho de peso foram semelhantes quando se isolou o efeito da fonte proteica, demonstrando que tanto o farelo de soja quanto o farelo de algodão se mostraram adequados para a recria de fêmeas leiteiras.

6.2. Animais em produção

Para os bovinos, os aminoácidos que chegam ao intestino são oriundos de duas fontes primárias: a proteína microbiana e a proteína dietética (proteína não degradável no rúmen – PNDR – ou sobrepassante). Enquanto os microrganismos ruminais são responsáveis por fornecer entre 50 e 75% do requerimento, o restante vem da proteína sobrepassante (Varga e Ishler, 2007).

Preston e Leng (1984), citados por Santos (2006b), classificaram vários alimentos concentrados quanto aos seus potenciais de fornecimento de proteína e amido sobrepassante, baseando-se em uma escala de 0 a 5. Os dados apresentados na Tabela 11 demonstram que o farelo de algodão é um suplemento eficiente para o suprimento pós-ruminal de nutrientes.

Tabela 11. Potencial de diferentes alimentos em fornecer proteína e compostos gliconeogênicos pós-rúmen (escala de 0 a 5).

Alimento	Proteína	Compostos gliconeogênicos
Farelo de soja	4	4
Farelo de algodão	5	4
Farinha de peixe	5	2
Milho, grão	1	5
Proteínas de milho	4	4

Fonte: Preston e Leng (1984), citados por Santos (2006b).

O fornecimento de proteína em quantidade e qualidade, observando suas relações com os demais ingredientes dietéticos, é muito importante, pois as fontes proteicas podem ser consideradas o ingrediente mais oneroso na formulação de dietas para vacas lactantes, devido ao seu grande requerimento e elevado custo de fontes tradicionais como o farelo de soja. Por isso, a utilização de subprodutos é uma alternativa viável para reduzir custos com a alimentação do rebanho leiteiro. Rações formuladas usando ingredientes alternativos devem ser eficientes, seguras, econômicas e permitir igual *performance* produtiva em relação aos animais alimentados com ingredientes tradicionais (Pina, 2005).

Bernard (1997) e Van Horn et al. (1979) têm sugerido que o farelo de algodão é capaz de manter a produção de leite nos mesmos patamares que o farelo de soja quando o teor de proteína bruta da dieta é superior a 16%. Porém, um ponto importante a ser observado é que o farelo de algodão produzido no Brasil é normalmente pobre em proteína e energia e mais rico em fibra que o citado nas tabelas internacionais (Imaizumi et al., 2004).

Alves (2008) avaliou o efeito da inclusão de níveis crescentes (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% da MS do concentrado) de farelo de algodão de alta energia substituindo o farelo de soja em dietas isoproteicas (14% PB) para vacas mestiças Holandês-Gir

(grau de sangue 5/8 H:G). Neste experimento, não foram observadas diferenças em relação ao consumo de matéria seca (CMS), produção de leite (PL) e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PLG). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Pina (2005), que avaliou a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão. A ausência de significância para a produção de leite nestes experimentos pode ser explicada pela ausência de resposta no consumo de matéria seca.

Em outro experimento, Imaizumi (2005) avaliou a inclusão de três níveis (0, 15 e 30% da matéria seca da dieta) de farelo de algodão em substituição parcial (15%) ou total ao farelo de soja (30%). Assim como nos experimentos anteriores, a inclusão do farelo de algodão não afetou o CMS, porém não foi capaz de manter a PL. As vacas recebendo dieta com 15 e 30% de FA reduziram a produção de leite em 3,8 e 4,4%, respectivamente. Neste experimento, o teor de PB da dieta era de 17,3%, o que contradiz Bernard (1997) e Van Horn et al. (1979).

Dentre quatro experimentos avaliando a substituição do farelo de soja (Pina, 2005; Brito e Broderick, 2007; Alves, 2008) ou farelo de canola (Maessomi et al., 2006) por farelo de algodão, todos revelaram não haver alteração sobre o teor de gordura do leite. Entretanto, Imaizumi (2005) observou efeito linear positivo no teor e na produção diária de gordura no leite quando aumentou os teores de FA na dieta. Segundo o autor, este efeito está relacionado a três fatores: maior teor de FDN (fibra em detergente neutro), maior inclusão de sebo nas dietas com farelo de algodão e mobilização das reservas de gordura, evidenciados pela perda de escore de condição corporal (ECC), como pode ser observado no quadro abaixo.

Dieta	Teor de FDN da dieta	Inclusão de sebo na dieta	Varição do ECC (pontos) dos animais
Controle (farelo de soja)	29,02%	2,46%	+0,001
15% de farelo de algodão	31,82%	3,08%	-0,027
30% de farelo de algodão	34,59%	3,80%	-0,106

A explicação anterior se baseia na origem da gordura do leite, que, em parte, é função da quantidade de precursores (acetato e β -hidroxibutirato – produtos da fermentação da fibra) disponíveis à glândula mamária para síntese de novo, enquanto outra parte é originada dos ácidos graxos oriundos diretamente da dieta e/ou mobilizados da gordura corporal (Peres, 2001).

Em relação ao teor de proteína no leite, a inclusão de farelo de algodão na dieta parece exercer um efeito negativo (Imaizumi, 2005; Pina, 2005; Maesoomi et al., 2006; Brito e Broderick, 2007). Alves (2008) não observou esta redução com a inclusão de farelo de algodão na dieta, porém trabalhou com animais de baixa produção (15Kg) se comparado aos trabalhos anteriores, e a substituição do farelo de soja foi apenas parcial.

A redução do teor de proteína no leite pode ser devido ao menor valor biológico da proteína do farelo de algodão em relação ao farelo de soja (Pina, 2005). De acordo

com Santos et al. (1998), a proteína microbiana é a melhor fonte de aminoácidos disponíveis para a produção de leite, enquanto o farelo de soja é considerado como a segunda melhor fonte.

Estudos norte-americanos têm sugerido que lisina e metionina são provavelmente o primeiro e o segundo aminoácidos limitantes, respectivamente, para produção de leite e síntese de proteína do leite (Santos et al., 1998). Segundo Coppock et al. (1987), a diferença no valor da proteína entre os farelos de soja e algodão poderia ser atribuída aos teores de lisina, o que foi observado no ensaio de Blackwelder et al. (1998), no qual os níveis sanguíneos de lisina em animais alimentados com farelo de algodão foram inferiores aos dos animais que receberam farelo de soja, enquanto os níveis de metionina foram semelhantes. Esta menor disponibilidade de lisina pode estar relacionada à baixa concentração deste aminoácido no farelo de algodão (quando comparado ao farelo de soja) ou à ligação deste aminoácido ao gossipol livre durante o processamento para extração do óleo (Blackwelder et al., 1998).

7. NÍVEIS DE INCLUSÃO NA DIETA

- Bezerros pré-ruminantes: não fornecer (Gonçalves e Borges, 1997) ou fornecer somente quando do conhecimento dos níveis de gossipol livre do produto.
- Animais jovens: até 30% da dieta (Gonçalves e Borges, 1997).
- Vacas de leite: até 3Kg/animal/dia (Gonçalves e Borges, 1997; Ezequiel, 2002).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A composição química e conseqüentemente o valor nutritivo do farelo ou da torta de algodão são variáveis em função do método empregado na extração do óleo e do nível de adição de cascas.
- Seu uso nas dietas de bezerros pré-ruminantes somente deve ocorrer quando for conhecido o nível de gossipol livre do farelo ou torta.
- Tanto o farelo quanto a torta de algodão se mostram apropriados para suplementação de novilhas.
- O farelo e a torta são considerados como fonte de proteína sobrepassante.
- Os efeitos da substituição do farelo de soja, tradicional fonte proteica, por farelo de algodão nas dietas de vacas em lactação são variáveis em função do nível de substituição e da produção de leite dos animais. O principal efeito pode ser a queda no teor de proteína no leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA DE FOMENTO DO ESTADO DA BAHIA SA. Boletim anual do mercado de grãos: Algodão, Safra 2008/2009. Salvador, BA: DESENBAHIA, 2008. Disponível em: <http://www.desenbahia.ba.gov.br/estudos/setoriais.asp>.
- ALVES, A.F. *Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia na dieta de vacas em lactação*. 2008. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- BANGANI, N.M.; MULLER, C.J.C.; BOTHA, J.A. Evaluation of cottonseed oil-cake meal as a protein source in calf starter meals. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.30, p.67-69, 2000.
- BERNARD, J.K. Milk production and composition responses to the source of protein supplements in diets containing wheat middlings. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.938-942, 1997.
- BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2934-2941, 1998.
- BRITO, A.F.; BRODERICK, G.A. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.1816-1827, 2007.
- CAMPOS, J.M.S.; ASSIS, A.J. Alimentação de novilhas leiteiras, In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 3., 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: EV/UFMG, 2005. p.156-177.
- CARVALHO, C.B. *Avaliação nutricional do farelo de algodão para frangos de corte*. 2008. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.
- CHENOWETH, P.J.; CHASE, C.C.; RISCO, C.A. et al. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities in bulls. *Theriogenology*, v.53, p.1193-1203, 2000.
- CLAYPOOL, D.W.; HOFFMAN, C.H.; OLDFIELD, J.E. et al. Canola meal, cottonseed, and soybean meals as protein supplements for calves. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.67-70, 1985.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2008/2009. Quinto levantamento, Fev/2009. Brasília: CONAB, 2009.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal, and associated by-products by dairy cattle. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.18, p.89, 1987.

COTTONSEED feed products for beef cattle. Manhattan, KS: Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Disponível em: [http://www.cottonseed.com/publications/cottonseed feed products for beef cattle - KSU.pdf](http://www.cottonseed.com/publications/cottonseed_feed_products_for_beef_cattle_-_KSU.pdf). Acessado em: abr. 2009a.

COTTONSEED feed products guide. Disponível em: <<http://www.cottonseed.com/publications/feedproductsguide.asp>>, Acessado em: abr. 2009b.

CUNHA, J.A.; MELOTTI, L.; LUCCI, C.S. Degradabilidade no rúmen da matéria seca e da proteína do farelo de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) pela técnica dos sacos de náilon *in situ* com bovinos. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.35, p.96-100, 1998.

EZEQUIEL, J.M.B. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: CBNA, 2002. p.137-162.

FREIRE, R.M.M. Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar: subprodutos. Embrapa. 2006. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/subproduto.html. Acessado em: abr. 2009.

GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Caracterização, fracionamento proteico, degradabilidade ruminal e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. *Acta Sci. Anim. Sci.* v.29, p.291-299, 2007.

GOETSCH, A.L.; OWENS, F.N. The effects of commercial processing method of cottonseed meal on site and extent of digestion in cattle. *J. Anim. Sci.*, v.60, p.803-813, 1985.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Farelo e caroço de algodão. In: _____. Alimentos e alimentação de gado de leite. Belo Horizonte: UFMG/EV, 1997. p.21-22. 265p. Apostila.

GRASSER, L.A.; FADEL, J.G.; GARNETT, I. et al. E.J. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.962-971, 1995.

HOLLON, B.F.; WAUGH, R.K.; WISE, G.H. Cottonseed meals as the primary protein supplement in concentrate feeds for young calves. *J. Dairy Sci.*, v.41, p.286-294, 1957.

IMAIZUMI, H. *Suplementação proteica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento*. 2005. 196f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

IMAIZUMI, H.; SANTOS, F.A.P.; VOLTOLINI, T.V. et al. Avaliação das estimativas de desempenho lactacional de vacas leiteiras pelos modelos do NRC (2001) e do COM-DAIRY (Versão 1.0) para dietas contendo farelo de algodão como substituto ao farelo de soja. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

LAMMERS, B.P.; HENRICH, A.J. The response of altering the ratio of dietary protein to energy on growth, feed efficiency, and mammary development in rapidly growing prepubertal heifers. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.977-983, 2000.

MAESSOMI, S.M.; GHORBANI, G.R.; ALIKHANI, M. et al. Canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holstein. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1673-1677, 2006.

MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ZEOULA, L.M. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte proteica em novilhas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.269-277, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 7, de 9 de novembro de 1988: Padrões mínimos das diversas matérias-primas empregadas na alimentação animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14 nov. 1988. Seção 1, p.21968.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados proteicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 55, p.315-323, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

OSAKI, M.; BATALHA, M.O. Produção de biodiesel de óleo vegetal no Brasil: Realidade e desafio. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco, AC. *Anais...* Rio Branco, AC: SOBER, 2008. 18p.

PASSOS Jr, H.S.; BOSE, M.L.V. Uso de análise física para estimar a composição química em ingredientes para rações. *Sci. Agric.*, v.49, p.159-162, 1992.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.1887-1893, 2000.

PERES, J.R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: USO DO LEITE PARA MONITORAR A NUTRIÇÃO E O METABOLISMO DE VACAS LEITEIRAS, 2001, Passo Fundo. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 2001. p.30-45.

PINA, D.S. *Fontes de proteína para vacas em lactação*. 2005. 72f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RANDEL, R.D.; CHASE JR, C.C.; WYSE, S.J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1628-1638, 1992.

REISER, R.; FU, H.C. The mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. *J. Nutr.*, v.76, p.215-218, 1962.

ROCHA JÚNIOR, V.R.; VALADARES, S.C.; BORGES, A.M. et al. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.473-479, 2003.

ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. *Vet. Clin. Food Anim. Pract.*, v.18, p.267-294, 2002.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006a. p.255-286.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance - A 12 year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.

SANTOS, P.E.F. *Desempenho de bovinos de corte alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.)*. 2006b. 57f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – UNIMONTES, Janaúba, MG.

SANTOS, S.A.; CAMPOS, J.M.S.; SOUZA, S.M. et al. Desempenho de novilhas leiteiras recebendo farelo de soja ou de algodão e dois níveis de ração concentrada em dietas à base de silagem de milho. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD-ROM.

SILVA, A.G. Algodão, amendoim e soja, In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1996, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: FEALQ, 1996. p.47-72.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa, MG: SBZ, 2000. CD-CD-ROM.

VAN HORN, H.H.; ZOMETA, C.A.; WILCOX, C.J. et al. Complete rations for dairy cattle. VIII. Effect of percent and source of protein on milk yield and ration digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.1086-1093, 1979.

VARGA, G.A.; ISHLER, V.A. Managing Nutrition for Optimal Milk Components. In: WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, 2007, Reno, NV. *Proceedings...* Reno, NV: WDMC, 2007. p.17-28.

ZERBINI, E.; POLAN, C.E. Protein sources evaluated for ruminating holstein calves. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.1416-1424, 1985.

CAPÍTULO 25

SEMENTES, TORTA E FARELO DE GIRASSOL NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*²,
*Luiz Gustavo Ribeiro Pereira*³, *Frederico Osório Velasco*⁴

RESUMO

A utilização de subprodutos da agroindústria é uma prática comum na formulação de dietas de ruminantes, permitindo a substituição de alimentos convencionais, como o farelo de soja e fubá de milho, e reduzindo os riscos de poluição ambiental com os resíduos da agroindústria. Os subprodutos oriundos do processo de extração do óleo de girassol, como a torta e o farelo, vêm sendo utilizados como fonte proteica na alimentação de vacas de leite. Já as sementes do girassol, como a de outras oleaginosas, como o algodão e a soja, podem ser utilizadas na forma integral para bovinos leiteiros. Este capítulo tem como objetivos apresentar as características nutritivas da semente, torta e do farelo de girassol, e descrever as recomendações de uso destas fontes proteicas na alimentação de rebanhos leiteiros.

INTRODUÇÃO

Os custos com a alimentação dos rebanhos leiteiros representam de 60 a 70% dos custos totais para a produção de leite. O milho e a soja são tidos como ingredientes padrões nas formulações dos concentrados utilizados na alimentação animal. Como o milho e a soja participam em grande escala na alimentação humana, têm-se buscado alternativas que permitam redução nos custos e menor competição com a alimentação humana. Dentre as prováveis opções, destacam-se os subprodutos derivados do algodão, girassol e pinhão manso. A utilização das tortas e farelos destas oleaginosas na alimentação animal tem despertado o interesse de vários produtores, que, em certos casos, fornecem estes alimentos aos animais mesmo sem saber informações básicas, como sua composição química, quantidade a ser fornecida e limitações de uso (Neiva Júnior et al., 2007).

O aproveitamento racional dos subprodutos agrícolas e agroindustriais na alimentação animal tem constituído uma alternativa de grande valia na redução dos custos da

¹ Médico Veterinário, MSc., Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena. wellyngton.vilela@ifsudestemg.edu.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., EMBRAPA Semiárido, BR 428 Km. 152 Zona Rural, Caixa Postal 23, CEP 56.302-970, Petrolina, PE. luiz.gustavo@cpatsa.embrapa.br

⁴ Médico Veterinário, MSc., doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. fredericovelasco@gmail.com

alimentação e na manutenção dos níveis de produção de carne e leite. Além disso, a utilização destes subprodutos permite-lhes um destino mais apropriado, reduzindo os riscos de poluição ambiental provocado pelo seu acúmulo.

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma dicotiledônea anual da família *Compositae*, originária do continente norte-americano. É cultivado em todos os continentes, em área que atinge aproximadamente 18 milhões de hectares. Destaca-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo e vem ganhando espaço na alimentação animal, seja na forma de grãos, torta, farelo ou silagem.

No Brasil, a cultura do girassol encontra amplas condições de desenvolvimento, pelo fato de suas aptidões edáfica e climática serem favoráveis em uma faixa territorial que vai desde o norte até o sul do país.

É uma oleaginosa que apresenta características agronômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil, sendo também uma opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos.

A produção brasileira de grãos para a cultura do girassol referente à safra de 2007/2008 foi de 149,3 mil toneladas, em uma área de 113,9 mil hectares, chegando a uma produtividade de 1312Kg/ha (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2009).

As sementes de girassol (*Helianthus annuus L.*) apresentam potencial de uso na alimentação de bovinos leiteiros por constituir uma alternativa de alimento para formulação de dietas, pois contêm altos níveis de proteína e energia.

O biodiesel é obtido de fontes renováveis, tais como óleos e gorduras vegetal e animal. Por ser biodegradável, não tóxico e possuir baixa concentração de substâncias aromáticas e cancerígenas, recebe o título de “combustível ecológico”. Pela extensão territorial e devido às condições edafoclimáticas, o Brasil permite a exploração de biomassa com fins alimentícios, químicos e energéticos. Para a produção do biodiesel, destacam-se no Brasil as culturas da soja, mamona, dendê, babaçu e girassol, e quando processadas para este fim, geram milhões de toneladas de subprodutos, como as tortas e os farelos, que podem apresentar potencial para utilização na alimentação de vacas de leite.

A torta e o farelo de girassol, subprodutos da extração do óleo, possuem elevados teores de proteína bruta, o que permite o seu uso em rações como fonte de proteína e aminoácidos. O perfil de aminoácidos é caracterizado pelos baixos teores de lisina, indicativo de necessidade de suplementação dependendo da exigência do animal a ser alimentado (Pinto et al., 2001).

A boa digestibilidade dos aminoácidos, que varia entre 86 e 90%, é outra característica importante do farelo de girassol, sendo comparável à digestibilidade dos aminoácidos do farelo de soja. O baixo teor de energia comparado ao do farelo de soja exige maior inclusão de fontes concentradas de energia (amidos, óleos ou gorduras). Entretanto, em rações peletizadas e com adequado teor de energia, a inclusão pode ser de 20 a 50%, substituindo completamente o farelo de soja (Pinto et al., 2001).

1. SEMENTES DE GIRASSOL

Trata-se do fruto do girassol, usualmente conhecido como semente (Castiglioni et al., 1994). Sua composição química varia amplamente com o local de produção, o clima, os fertilizantes e até mesmo com a posição da semente no capítulo (Castro et al., 1996b). Existem dois tipos de sementes: não oleosas (confeiteiros) ou oleosas, que podem conter de 25,0 a 30,0% e de 30,0 a 48,0% de óleo, respectivamente (Carrão-Panizzi e Mandarino, 1994). Castro et al. (1996a) reportam os seguintes valores médios para a semente de girassol: 95,0% de matéria seca, 20,0 a 24,0% de proteína bruta, 45,0% de extrato etéreo, 20,0% de carboidratos totais, 4,0% de cinzas, 0,84% de fósforo e 0,12% de cálcio. Já McGuffey e Schingoethe (1982) encontraram valores de 40,0 a 45,0% de extrato etéreo, 18,0 a 20,0% de proteína bruta, 32,0 a 36,0% de fibra em detergente ácido e 6,0 a 8,0% de lignina.

Na alimentação de ruminantes, a semente de girassol vem sendo estudada como fonte de lipídios nas dietas de animais em crescimento, engorda e em produção de leite. Sharma et al. (1986) avaliaram a inclusão em níveis crescentes de semente de girassol na dieta de bezerros e chegaram à conclusão de que a inclusão pode ser feita em até 10% da dieta. McGuffey e Schingoethe (1982) avaliaram o potencial do uso da semente de girassol para vacas leiteiras de alta produção e propuseram uma recomendação prática de limitação de semente de girassol de 10% da matéria seca da ração ou 20 a 25% do concentrado, recomendações essas que não afetaram adversamente a produção de leite.

Atualmente, consumidores de leite preocupados com a saúde têm exigido leite com menos gordura e menores concentrações de ácidos graxos saturados. Segundo Schingoethe et al. (1996), a semente de girassol pode ser uma opção de fonte de gordura suplementar para aumentar a produção de leite e a concentração de ácidos graxos insaturados na gordura do leite, hipótese essa comprovada por Boila et al. (1993), Markus et al. (1996) e Ortiz et al. (1998). Apesar dessa possibilidade, alguns autores têm observado que, dependendo da quantidade e do tipo de ácido graxo presente na semente, pode ocorrer diminuição na gordura e proteína do leite (Drackley et al., 1985; Ortiz et al., 1998). McGuffey e Schingoethe (1982) comentaram que, com a utilização de semente de girassol, é possível diminuir os níveis de amido na dieta e consequentemente evitar problemas metabólicos em vacas de leite.

2. PROCESSAMENTO DA TORTA E DO FARELO DE GIRASSOL

Os principais subprodutos gerados na cadeia produtiva são: glicerina, lecitina, farelo e a torta de oleaginosa. O método de extração do óleo e a quantidade de casca que é removida do farelo de girassol são fatores a serem considerados durante o processamento, pois são responsáveis pela variação na composição química deste alimento. Sua qualidade depende da forma dessa extração e se as cascas desse grão foram ou não retiradas antes da extração.

A torta de girassol é um subproduto oriundo da extração mecânica, por meio da prensagem do óleo das sementes de girassol. Já o farelo de girassol é formado a partir da extração do óleo na presença de um solvente, que geralmente é o hexano, gerando um subproduto com menores teores de óleo quando comparado à torta.

3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA TORTA E DO FARELO DE GIRASSOL

A grande variação na composição bromatológica e nos coeficientes de digestibilidade da torta e do farelo de girassol é atribuída, principalmente, às características da semente, às formas de extração do óleo e à quantidade de casca presente no farelo.

Para Minardi (1969), o farelo de girassol (subproduto decorrente da extração do óleo) pode substituir normalmente outras fontes proteicas na ração animal. O farelo de girassol é rico em proteína, o que o caracteriza como concentrado proteico.

Na literatura, existem dados variáveis a respeito da composição bromatológica do farelo de girassol, e isso pode ser atribuído às diferentes formas de processamento dos grãos, que pode ser com mais casca, originando um farelo mais fibroso, portanto com menor concentração energética, ou processado sem casca, dando origem a um farelo com maior valor nutricional (Pinheiro et al., 1999). Para Ferreira (1999), a proteína do farelo é a principal referência para o uso do farelo de girassol. Os níveis podem variar de 28 a 42%, dependendo do tipo de processamento utilizado. O teor de fibra bruta varia de forma inversa ao conteúdo de proteína, devido à quantidade de casca no produto. Devido a essas possíveis variações na composição, é recomendável que seja feita análise do material antes do balanceamento da ração (Gonçalves e Borges, 1997).

Quando o grão possui alto teor de casca, o farelo será mais fibroso, portanto com menor concentração energética; já o farelo decortificado tem melhor valor nutricional, o que pode ser verificado na Tabela 1.

A variedade genética da planta, o tipo de solo, o clima, tratamentos culturais, e até mesmo a posição do grão no capítulo, entre outros, são citados como razões dessa ampla variação na composição do farelo (Silva e Pinheiro, 2005).

Tabela 1. Valor nutricional do farelo de girassol obtido de sementes sem e com cascas.

Constituintes	Farelo de sementes	
	Sem casca	Com casca
Umidade	7,5 – 13,8	10,0 – 12,0
Proteína bruta	30,0 – 53,0	20,0 – 30,0
Gordura	0,8 – 13,8	0,8 – 8,0
Fibra	7,0 – 15,0	45,0
Cinzas	4,3 – 7,7	4,0 – 6,0
Fósforo	1,04	0,9
Cálcio	0,043	0,2

Fonte: Minard (1969).

O farelo de girassol apresenta valor nutricional equivalente ao de outras oleaginosas de importância agrícola. A proteína do girassol é a que contém maior teor de aminoácidos sulfurados, e não há relatos de reações alérgicas a esta proteína.

A torta de girassol obtida a partir do processo mecânico apresenta, em média, 18% de extrato etéreo na matéria seca. Já o farelo de girassol oriundo de extração por solvente e os teores de extrato etéreo são de aproximadamente 1,5%.

Os teores de proteína bruta (PB) do farelo oriundo de sementes oleaginosas variam de acordo com o processamento. O farelo de girassol obtido a partir da extração do óleo com solvente, de grãos sem casca, contém aproximadamente 44% de PB, no entanto o farelo formado a partir de sementes inteiras apresenta em torno de 28% de PB (Kinard, 1975). Na prática, no Brasil a extração da casca não é rotina nas empresas processadoras de girassol, o que faz com que os teores de fibra bruta do farelo variem entre 18 e 24%, sendo este, portanto, mais indicado para a alimentação dos ruminantes. O farelo de girassol é considerado como fonte proteica, porém pode apresentar teores energéticos significativos, com mais de 75% de nutrientes digestíveis totais (NDT).

O farelo desengordurado de girassol é comparável a outros farelos de oleaginosas (soja, algodão, amendoim), sendo fonte rica de cálcio e fósforo, vitaminas do complexo B e vitamina A. É composto por proteína de alta qualidade e digestibilidade (90%).

Na Tabela 2, observa-se o perfil dos principais aminoácidos presentes no farelo de girassol com e sem casca. A casca reduz as concentrações dos principais aminoácidos.

O teor proteico do farelo de girassol é alto e com concentração de aminoácidos mais equilibrada que de muitas leguminosas (Martins, 1998), entretanto apresenta deficiência em lisina e isoleucina, apesar de ser uma boa fonte de aminoácidos sulfurados (Mandarino, 1992; Girassol, 1994; Pinheiro et al., 1999; Silva et al., 1999).

Tabela 2. Perfil dos principais aminoácidos presentes no farelo de girassol com e sem casca.

Aminoácidos (%)	Farelo de girassol com casca	Farelo de girassol sem casca
Arginina	2,38	2,93
Histidina	0,66	0,92
Isoleucina	1,29	1,44
Leucina	1,86	2,31
Lisina	1,01	1,20
Metionina	0,59	0,82
Cistina	0,48	0,66
Fenilalanina	1,23	1,66
Tirosina	0,76	1,03
Treonina	1,04	1,33
Triptofano	0,38	0,44
Valina	1,49	1,74

Fonte: National Research Council - NRC (1998).

Segundo Garcia (2001), a composição média do farelo de girassol após a extração do óleo com solvente é de 31,3; 28,7; 37,2; 46,5% para os teores de proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro, respectivamente.

De acordo com os dados compilados de vários trabalhos por Valadares Filho et al. (2006), os valores médios para o farelo de girassol em base de matéria seca são de 35,33; e de 2,06; 20,39; 42,36; 34,90; 63,97; 0,73 e 0,92%, para proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta; fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, nutrientes digestíveis totais, cálcio e fósforo, respectivamente.

Pereira et al. (2006), ao avaliarem o efeito *in vitro* do potencial emissivo de metano e dióxido de carbono em bovinos recebendo dieta contendo 45% de silagem de milho e 55% de concentrado composto por milho, farelo de girassol, casca de soja e farelo de soja, encontraram valores de 28,4% de proteína bruta, 40,4% de fibra em detergente neutro e de 59,9% de nutrientes digestíveis totais (NDT) para o farelo de girassol usado na dieta.

Mupeta et al. (1997), usando a técnica de saco de náilon móvel, avaliaram a disponibilidade intestinal do farelo de girassol, e este, quando comparado com o farelo de algodão, apresentou maior digestibilidade para os aminoácidos individuais (notadamente cistina, lisina, metionina e prolina), aminoácidos totais e nitrogênio. Comparando os farelos de girassol, colza e soja, Vincent et al. (1990) encontraram maior degradabilidade ruminal para o farelo de girassol. Martioli et al. (1995), em ensaio de degradabilidade *in situ* em bovinos, observaram degradabilidade ruminal de 72,8% para o farelo de girassol. Freer e Dove (1984) e Hamilton et al. (1992) sugeriram o tratamento do farelo de girassol com formaldeído para diminuir a

degradabilidade ruminal e aumentar o aporte de aminoácidos ao intestino delgado, entretanto ressaltaram que o tratamento com esse tipo de substância em alguns países é proibido.

A recomendação de uso do farelo de girassol sugerida por Gonçalves e Borges (1997) para bovinos de leite é de 20,0% do concentrado. Pode ser usado em rações de pré-ruminantes, mas deve-se atentar para os conteúdos de fibra. Schingoethe et al. (1976) avaliaram o farelo de girassol como fonte de proteína para vacas em lactação e concluíram que esse apresenta valor nutritivo correspondente a 95% do valor do farelo de soja, que é considerado o concentrado proteico padrão.

Neiva Júnior et al. (2007) determinaram os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) das tortas do algodão, girassol, nabo forrageiro e pinhão manso, visando à sua utilização na alimentação de ruminantes (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química das tortas de algodão, girassol, nabo forrageiro e pinhão manso em porcentagem.

Torta	MS	PB*	EE*	FDN*	FDA*	HEM*	MM*	MO*
Algodão	92,41	38,18	15,71	56,24	41,11	15,13	4,17	95,83
Girassol	93,28	31,26	21,6	48,35	35,05	13,30	4,98	95,02
Nabo	94,82	37,5	23,7	27,25	21,94	5,31	9,0	91,0
Pinhão	91,58	25,43	24,16	44,46	43,15	1,31	5,8	94,2

* Valores expressos com base em 100% de matéria seca.

Fonte: Neiva Júnior et al. (2007).

Segundo os autores, a alta concentração de matéria seca das tortas analisadas está relacionada ao processo de extração de óleo, não sendo necessário passar por nenhum processo de secagem após a obtenção da torta, e o alto valor de proteína bruta encontrado na torta de girassol, como o das demais tortas, sugere que estes subprodutos podem ser utilizados como fonte proteica para os animais, substituindo fontes de alimentos tradicionais. Os teores de extrato etéreo da torta de girassol foram elevados, indicando que se deve tomar cuidado com a quantidade a ser ministrada para ruminantes, devido ao teor elevado de óleo, uma vez que a adição de lipídios na ração em níveis superiores a 7% da matéria seca pode prejudicar a degradação do alimento.

A grande variação dos processamentos para a obtenção da torta e do farelo de girassol, sem critérios de padronização, sob influência também da qualidade variável do grão de girassol a ser prensado, pode resultar em importantes mudanças na composição nutricional destes alimentos, tornando a realização de análises bromatológicas obrigatória para o êxito no uso deste alimento.

4. FATORES ANTINUTRICIONAIS

A arginase e os inibidores de tripsina foram identificados em sementes de girassol. Esses componentes, entretanto, são termolábeis e facilmente inativados por processos térmicos. Convém salientar que o inibidor de tripsina, presente no girassol, apresenta uma atividade inibitória extremamente baixa (Carrão-Panizzi e Mandarino, 1994).

Outros grupos de compostos químicos que merecem destaque são os compostos fenólicos, destacando-se o ácido clorogênico, ácido cafeico e ácido quínico (Sripad e Rao, 1987). O ácido clorogênico corresponde a 70,0% dos compostos fenólicos e perfaz um total de 1,4 a 4,0% da semente (localizando-se na casca e no embrião). Ele não é considerado um constituinte tóxico ou fator antinutricional, entretanto a presença desses polifenóis acarreta uma coloração indesejável nos derivados proteicos durante sua extração alcalina, impossibilitando a utilização desses na alimentação humana. Essa modificação na coloração ocorre após a oxidação química ou enzimática, resultando na formação de quinonas altamente reativas que atuam como poderosos oxidantes (Pinheiro et al., 1999). Mandarino (1992) afirmou que a coloração do escurecimento enzimático é esverdeada devido à ação de enzimas denominadas polifenoloxidasas, cujo substrato é o ácido clorogênico. Segundo Jung e Fahey (1981), citados por Sripad e Rao (1987), o ácido clorogênico também pode diminuir o valor nutritivo do farelo de girassol, uma vez que esse interage com aminoácidos essenciais, como a lisina e a metionina, e inibe a ação das proteases. Em aves, o ácido clorogênico é responsável pelo aparecimento de coloração estranha na casca dos ovos de galinhas alimentadas com altos conteúdos de farelo de girassol (Pinheiro et al., 1999). Já na alimentação de ruminantes, não são encontrados na literatura relatos específicos sobre a ação desses compostos.

Utilizando ratos, Canibe et al. (1999) avaliaram as sementes de girassol de 12 cultivares, os quais foram decorticadas ou não e apresentaram de 0,677 a 2,847mg/g de compostos fenólicos, chegando à conclusão de que o valor biológico e a utilização de proteína líquida foram correlacionados com os teores de lisina e treonina e não com os compostos fenólicos. Coudray et al. (1998), em estudo feito com ratos, observaram que a presença de compostos fenólicos (ácido clorogênico e cafeico) influenciou negativamente a absorção de zinco. Em ensaio de digestibilidade *in vitro* realizado por Cherney et al. (1990), a digestão da parede celular da alfafa e a do "orchardgrass" foram prejudicadas pela presença do ácido clorogênico nas primeiras 12 horas de digestão, entretanto esse efeito não foi observado com 60 horas de digestão. Segundo Zarnowski et al. (1987), é possível melhorar o valor biológico das proteínas com a diminuição dos níveis de ácido clorogênico de gramíneas ricas nesses polifenóis, pois este ácido pode complexar com proteínas, interferindo negativamente na sua digestibilidade.

5. UTILIZAÇÃO DO FARELO DE GIRASSOL PARA VACAS DE LEITE

5.1. Produção e composição do leite

Schingoethe et al. (1976) avaliaram o efeito da substituição do farelo de soja (50% de proteína bruta (PB)) por farelo de girassol (37% de PB), sendo que estes alimentos participaram em 60% da PB total da ração formulada, apresentando estas 19% de PB. As dietas contendo farelo de soja ou de girassol foram fornecidas na razão de 1Kg de concentrado para cada 3Kg de leite produzido. Os animais utilizados foram vacas da raça Holandesa com 100 dias em lactação. Os autores encontraram produções de leite de 21,2 e 21.1Kg/dia, para as rações contendo farelo de soja e de girassol, respectivamente; não houve diferenças significativas em relação à composição do leite (% de gordura, proteína, sólidos totais).

Jabbar et al. (2008) estudaram efeito da substituição do caroço de algodão pelo farelo de girassol na alimentação de vacas mestiças (Friesian x Sahiwal) em lactação. Foram avaliados os tratamentos: I (ração à base de caroço de algodão), II (caroço de algodão e farelo de girassol), e III (ração à base de farelo de girassol). Não houve diferença significativa para a produção de leite diária, sendo de 9,59; 9,71 e 9,15 litros para os tratamentos I, II e III, respectivamente. Assim, concluíram que a substituição parcial ou completa do caroço de algodão pelo farelo de girassol não afetou a produção de leite.

Todorov et al. (1994) estudaram o efeito da adição de alfafa desidratada (AD) ou silagem de alfafa (SA) associada à silagem de milho como fonte de volumoso, e farelo de girassol (FG) ou ureia (U) como fonte proteica na dieta de vacas das raças Holandesa e "Bulgarian Brown" em lactação, distribuídas em quatro grupos (AD + U, AD + FG, SA + U e AS + FG). Avaliaram a produção de leite, os teores de gordura e proteína e os rendimentos de gordura e proteína do leite. Os autores verificaram que o efeito da fonte de proteína foi insignificante sobre a produção de leite (Kg/dia), sugerindo que o farelo de girassol pode compor dietas à base de cereais mais ureia com alfafa desidratada.

5.2. Parâmetros ruminiais

Schingoethe et al. (1976) avaliaram os parâmetros ruminiais: concentração de amônia, pH e ácidos graxos voláteis de vacas da raça Holandesa em lactação, e não verificaram diferenças ($P>0,05$) entre as vacas alimentadas com concentrado contendo farelo de girassol ou farelo de soja.

5.3. Consumo e desempenho

O consumo de ração à base de farelo de girassol foi semelhante à ração à base de farelo de soja em vacas da raça Holandesa, não havendo problema de aceitabilidade do farelo de girassol (Schingoethe et al., 1976).

Ahmad et al. (2004) avaliaram o efeito da substituição de 0, 50 e 100% do caroço de algodão por farelo de girassol sobre o ganho de peso diário, eficiência alimentar e idade ao primeiro estro (maturidade sexual) em novilhas da raça Holandesa. Verificaram que o desempenho foi semelhante ($P>0,05$) entre os tratamentos, indicando que o farelo de girassol é tão eficiente quanto o caroço de algodão em rações de novilhas em crescimento.

Garcia et al. (2004) estudaram os efeitos dos níveis de 0%, 15%, 30% e 45% de farelo de girassol nos concentrados de bovinos da raça Holandesa em fase de crescimento. Os coeficientes de digestibilidades aparentes da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo, do extrato não nitrogenado, da fibra bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido foram semelhantes entre os diferentes níveis de inclusão do farelo de girassol. Os autores verificaram que a inclusão de farelo de girassol no concentrado de bovinos da raça Holandesa não afeta o aproveitamento da matéria seca e dos nutrientes da dieta ingeridos pelos animais, podendo substituir com eficiência em até 45% o farelo de soja.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A torta e o farelo de girassol, devido à grande variação em sua constituição, sempre que forem fornecidos para vacas de leite, devem ser analisados em relação a sua constituição bromatológica, visando a um balanceamento correto da dieta.

Os níveis de inclusão da torta de girassol na dieta de vacas de leite podem variar em função do óleo residual; já o farelo de girassol pode ser incluído em até 20% da dieta como importante alternativa proteica. As sementes de girassol podem constituir até 10% da matéria seca da dieta ou 20 a 25% do concentrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, I.; JAVED, K.; MIRZA, R.H. et al. Effect of feeding sunflower meal as a substitute of cotton seed cakes on growth and age at maturity in holstein friesian heifers. *Pak. Vet. J.*, v. 24, p.95-97, 2004.

BOILA, R.J.; MALBON, B.M.; INGALLS, J.R. Response of dairy cows to barley grain, tallow or whole sunflower seed as supplemental energy in early lactation. *Can. J. Anim. Sci.*, v.73, p.327-342, 1993.

CANIBE, N.; PEDROSA, M.M.; ROBREDO, L.M. Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (*Helianthus annuus* L) cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, v.79, p.1775-1782, 1999.

CARRÃO-PANIZZI, M.C., MANDARINO, J.M.G. *Girassol: Derivados proteicos*. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 27p. (Documentos, 74).

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C. et al. Fases de desenvolvimento da planta do girassol. Londrina, PR: EMBRAPA/CNPSo, 1994. 24p. (Documentos, 58).

CASTRO, C., CASTIGLIONI, V.B.R., BALLA, A. *A cultura do girassol: tecnologia de produção*. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1996a. 20p. (Documentos, 67).

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. et al. *A cultura do girassol*. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1996b. 38p. (Circular técnica, 13).

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R.; SOLLENBERGER, .L.E. et al. Identification of 5-O-caffeoylquinic acid in limpgrass and its influence on fiber digestion. *J. Agric. Food Chem.*, v.38, p.2140-2143, 1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção brasileira de grãos. Brasília: CONAB, 2009. Disponível em: www.conab.gov.br. Acessado em 10 abr. 2009.

COUDRAY, C.; BOUSSET, C.; TRESSOL, J.C. et al. Short-term ingestion of chlorogenic or caffeic acids decreases zinc but not copper absorption in rats, utilization of stable isotopes and inductively-coupled plasma mass spectrometry technique. *Br. J. Nutr.*, v.80, p.575-584, 1998.

DRACKLEY, J.K.; CLARK, A.K.; SAHLU, T. Evaluation of sunflower crop residue in rations for growing holstein heifers. *J.Dairy Sci.*, v.68, p.2390-2395, 1985.

FERREIRA, R.N. Potencial do uso do farelo de girassol na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1, 1999, Itumbiara. *Anais...* Itumbiara, GO: EMBRAPA Soja, 1999. p.47-51.

FREER, M.; DOVE, H. Rumen degradation of protein in sunflower meal, rapeseed meal and lupin seed placed in nylon bags. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.11, p.87-101, 1984.

GARCIA, J.A.S. *Farelo de girassol na alimentação de bovinos leiteiros em fase de crescimento*. 2001. 71f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

GARCIA, J.A.S.; VIEIRA, P.F.; CECON, P.R. et al. Digestibilidade aparente do farelo de girassol na alimentação de bovinos leiteiros em fase de crescimento. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.5, p.123-129, 2004.

GIRASSOL: *Cultivo e ensilagem*. Patos de Minas: ANPL, 1994. 13p.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. *Alimentos e alimentação de gado de leite*. Belo Horizonte: UFMG/EV, 1997. 265p. Apostila.

HAMILTON, B.A.; ASHES, J.R.; CARMICHAEL, A.W. Effect of formaldehyde-treated sunflower meal on the milk production of grazing dairy cows. *Aust. J. Agric. Res.*, v.43, p.379-387, 1992.

JABBAR, M.A.; AHMAD, S.; RIFFAT, S. Effect of replacing cotton seed cake with sunflower meal in the ration of lactating crossbred cows. *J. Vet. Anim. Sci.*, v.1, p.11-13, 2008.

KINARD, D.H. Feeding value of sunflower meal and hulls. *Feedstuffs*, v.47, n.26, p.26, 1975.

MANDARINO, J.M.G. *Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol*. Londrina: EMBRAPA/CNPS, 1992. 25p.

MARKUS, S.B.; WITTENBERG, K.M.; INGALLS, J.R. et al. Production responses by early lactation cows to sunflower seed or tallow supplementation of a diet based on barley. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1817-1825, 1996.

MARTINS, R.G.R. *Potencial do girassol (Helianthus annuus) na alimentação de ruminantes*. 1998. 6f. Seminário (Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

MARTIOLLI, F., TERRAMOCCIA, S., PUPPO, S. et al. Rumen protein degradability of concentrate feeds. *Zootec. Nutr. Anim.*, v.21, p.171-175, 1995.

McGUFFEY, R.K.; SCHINGOETHE, D.J. Whole sunflower seeds for high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.1479-1483, 1982.

MINARD, I. *Estudo sobre a composição bromatológica e coeficiente de digestibilidade do farelo e torta de girassol*. 1969. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MUPETA, B.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. et al. Digestibility of amino acids in protein rich tropical feed for ruminants estimated with the mobile bag technique. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.69, p.271-280, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of swine*. 10.ed. Washington, DC: National Academy of Press, 1998. 189p.

NEIVA JÚNIOR, A.P.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; PARDO, R.M.P. et al. Subprodutos agroindustriais do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: MCT/ABIPTI, 2007. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/coproduto/22.pdf>

ORTIZ, V.; GOMEZ CABRERA, A.; NENA, Y. Utilización de la semilla de girassol (normal y alta en ácido oleico) en la alimentación de vacas lecheras. *Prod. Sanid. Anim.*, v.13, p.5-12, 1998.

PEREIRA, E.M.O.; EZEQUIEL, J.M.; BIAGIOLI, B. et al. Determinação *in vitro* do potencial de produção de metano e dióxido de carbono de líquido ruminal proveniente de bovinos de diferentes categorias. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, v.14, p.120-127, 2006.

PINHEIRO, J.W.; SILVA, C.A.; FONSECA, N.N. Potencial do uso do farelo de girassol na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1, 1999, Itumbiara, GO. *Anais... Itumbiara: EMBRAPA*, 1999. p.38-46.

PINTO, J.H.E.; FONTANA, A. Canola e girassol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1, CAMPINAS, 2001. *Anais ... Campinas, SP: CBNA*, 2001. p.109-198.

SCHINGOETHE, D.J.; BROUK, M.J.; LIGHTFIELD, K.D. et al. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1244-1249, 1996.

SCHINGOETHE, D.J.; ROOK, J.A.; LUDENS, F. Evaluation of sunflower meal as a protein supplement for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.60, p.591-596, 1976.

SHARMA, H.R.; WHITE, B.; INGALLS, J.R. Utilization of whole rape (canola) seed and sunflower seeds as sources of energy and protein in calf starter diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.15, p.101-112, 1986.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W. Girassol na alimentação de suínos e aves. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.94-121.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.N. Uso do farelo de girassol na alimentação de suínos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1, 1999, Itumbiara. *Anais... Itumbiara: EMBRAPA*, 1999. p.31-37.

SRIPAD, G.; RAO, M.S.N. Effect of methods to remove polyphenols from sunflower meal on the physicochemical properties of the proteins. *J. Agric. Food Chem.*, v.35, p.962-967, 1987.

TODOROV, N.A.; TASHEV, T.K.; YANCHEVA, N.J. et al. Dehydrated alfalfa and chemically preserved alfalfa silage in combination with sunflower meal or urea as sources of protein for dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.45, p.299-307, 1994.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VINCENT, I.C.; HILL, R.; CAMPLING, R.C. A note on the use rapessed, sunflower and soya-bean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. *Anim. Prod.*, v.50, p.541-543, 1990.

ZARNOWSKI, J.; OKONSKI, J.; GWIAZDA, S. et al. Poprawa wartosci biologicznej koncentratu bialkowego z zycicy wielokwiatowej poprzez obnizenie poziomu kwasu chlorogenowego i tluszczu. *Rocz. Nauk. Zootech. Mono. Rozp.*, v.25, p.257-265, 1987. Abstract.

CAPÍTULO 26

FARELO DE AMENDOIM NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

Fernando Pimont Pôssas¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Flávia Cardoso Lacerda Lobato³, Fernanda Samarini Machado⁴

RESUMO

O amendoim é um alimento rico em óleo, proteínas e vitaminas, o qual é muito utilizado na alimentação humana e na produção de biodiesel, gerando diversos coprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal. Os principais coprodutos do amendoim utilizados na alimentação animal são o óleo, as tortas, os farelos, as cascas, as peles, além das plantas que restam da cultura no campo após a colheita dos grãos de forma conservada, como silagem ou feno. O maior desafio da utilização dos coprodutos do amendoim na alimentação animal e humana é a grande incidência de contaminação por micotoxinas, principalmente, a aflatoxina. Devido à utilização de amendoim na alimentação humana, existe a grande preocupação em reduzir a presença dessas toxinas por meio de programas de incentivo de melhoria na qualidade do amendoim. Dessa forma, podem-se também produzir coprodutos de melhor qualidade para a alimentação animal.

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea*) é um alimento rico em óleo, proteínas e vitaminas dos complexos B e E (Freire et al., 2005). É muito apreciado na alimentação humana, podendo ser consumido tanto na forma *in natura* como processada, fazendo parte da dieta de várias populações do mundo, especialmente América do Norte, África e Ásia (Freire et al., 2000). O amendoim também pode ser utilizado para extração do óleo, sendo empregado na alimentação humana, na indústria de conservas e em produtos medicinais (Marconato, 2006).

É uma planta originária da América do Sul, de uma região compreendida entre as latitudes 10° e 30° Sul, sendo que mais de 80 espécies silvestres, anuais e perenes, ocorrem no Brasil, Paraguai, Bolívia, Argentina e Uruguai. O Brasil é o país que abriga o maior número de espécies, cerca de 63, sendo que 43 dessas são exclusivas (Krapovickas e Gregory, 1994). A difusão do amendoim se iniciou pelos índios para as diversas regiões da América Latina, América Central e México. No século XVIII, foi introduzido na Europa e, no século XIX, difundiu-se do Brasil para a África e do Peru para a China, Índia, Japão e Filipinas (Fagundes, 2002).

¹ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG, Bolsista CNPQ. fpimont@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. lobato.fafa@gmail.com

⁴ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnpqgl.embrapa.br

De acordo com o United States Department of Agriculture - USDA (2009), o amendoim é a quarta maior cultura oleaginosa do mundo (8,67% da produção mundial), ficando atrás, na projeção da safra mundial de 2008/2009, da soja (54,21%), da colza (14,35%) e do algodão (10,36%). A projeção de produção para a safra 2008/2009 é de 35,01 milhões de toneladas de amendoim com casca, sendo que 68,57% serão produzidos no continente asiático, 21,08% na África, 10% nas Américas, 0,26% na Europa e 0,09% na Oceania. A China é a maior produtora mundial de amendoim, sendo responsável por 39,14%, seguida por Índia (20,8%) e Estados Unidos (6,8%). O Brasil é o 18º produtor mundial de amendoim, com 0,7% da produção.

A produção brasileira é feita em duas safras, a das águas (correspondendo aos meses de outubro a março na região Sudeste) e a da seca ou safrinha (de fevereiro a julho). Em 2008, foram plantados no Brasil cerca de 113085 hectares (ha) de amendoim, sendo desses 88801ha na primeira safra (78,52%). A produção de amendoim em casca foi de cerca de 296600 toneladas (t), sendo 256879t (86,60%) na primeira safra, a qual apresentou um crescimento de 25% em relação à primeira safra de 2007. Dessa forma, a média de produção do amendoim em casca foi de 2623 t/ha, sendo 2893 t/ha na primeira e 1636 t/ha na segunda safra (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009).

Na safra brasileira de 2007, a região Sudeste se destacou com 76% (185400t) da produção nacional de amendoim em casca, sendo o estado de São Paulo responsável por 75% (183000t) da produção brasileira. A região Centro-Oeste foi a segunda maior produtora, produzindo cerca de 11,44% da produção nacional, sendo o estado do Mato Grosso o segundo maior produtor do Brasil, com 8,57% (20900t). A região Sul produziu 7,18% da produção nacional, e o estado do Paraná foi o terceiro maior produtor do Brasil. Por fim, a região Nordeste produziu 5,38%, com destaque para a Bahia, o quarto maior produtor do país (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2007). A produção de amendoim no estado de São Paulo concentra-se nas regiões Alta Mogiana e Alta Paulista, sendo áreas de renovação de canaviais e de pastagens (Martins e Perez, 2006).

Devido à grande preocupação mundial com o meio ambiente, a produção de biodiesel tem chamado a atenção de diversos países, entre eles o Brasil. O biodiesel é um combustível biodegradável, não tóxico e praticamente livre de enxofre e compostos aromáticos, podendo ser utilizado para promover a redução da emissão de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos quando utilizado em substituição ao diesel convencional (Storck Biodiesel, 2008, citado por Abdalla et al., 2008). A produção brasileira de biodiesel vem crescendo bastante nos últimos anos devido aos programas de incentivo do governo federal. O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel obriga a adição de 3% de biodiesel a todo óleo diesel comercializado no Brasil (Brasil, 2005).

Existem diversas oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, sendo que, a partir desse processo, ocorre a produção de diversos coprodutos (farelos e tortas, por exemplo), que podem gerar renda aos produtores e ser utilizados na

alimentação animal. No Brasil, as principais oleaginosas cultiváveis que poderiam ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o pinhão manso (*Jatropha curcas*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), o algodão (*Gossypium spp.* L.), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a canola (*Brassica napus*), o gergelim (*Sesamum orientale*), o babaçu (*Orrbignya apeciosa*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Storck Biodiesel, 2008, citado por Abdalla et al., 2008). Na Tabela 1, têm-se as características de algumas oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel no Brasil.

O amendoim apresenta grande potencial de uso para a alimentação humana e para a produção de biodiesel, ocorrendo, assim, a produção de diversos coprodutos, como tortas, farelos, óleo, pele, casca e silagem da planta inteira, que possuem potencial para serem utilizados na alimentação de vacas leiteiras, como será visto no decorrer deste capítulo.

Um fator que deve ser considerado no uso de coprodutos do amendoim é a grande infestação pelo fungo *Aspergillus flavus* que produz a toxina aflatoxina de alta letalidade (hepatotóxica, cancerígena e teratogênica). Dessa forma, algumas medidas devem ser tomadas na colheita e armazenagem para redução dessa infestação. Com o intuito de reduzir esse problema, a Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Cacau, Amendoim, Balas e derivados (ABICAB), em março de 2001, lançou o programa Pró-Amendoim, que tem como objetivo elevar a qualidade e a imagem do amendoim e seus derivados para o mercado. O foco desse programa se refere à questão da aflatoxina, estimulando a cadeia produtora de amendoim a obter um produto adequado aos padrões e limites nacionais e mundiais para essa toxina, incorporando um selo de qualidade ABICAB (Pró-amendoim, 2009). Com essas medidas de controle, pode-se produzir um produto de melhor qualidade para a alimentação humana e, conseqüentemente, coprodutos de melhor qualidade para a alimentação animal.

Tabela 1. Características de teor de óleo (%), produtividade (kg/ha/ano) e produção de óleo (kg/ha/ano) de algumas oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel no Brasil.

Espécie	Teor de óleo	Produtividade	Produção de óleo
Amendoim	49	1800	882
Babaçu	4	15000	600
Canola	38	1800	684
Caroço de algodão	15	1800	270
Dendê/Palma	20	10000	2000
Gergelim	39	1000	390
Girassol	42	1600	672
Mamona	44	1500	660
Nabo forrageiro	29	500	145
Pinhão manso	40	8000	3200
Soja	19	2200	418

Fonte: Abdalla et al. (2008).

1. COMPOSIÇÃO DO AMENDOIM

O amendoim *in natura* é muito utilizado na alimentação humana. O fruto do amendoim é composto pelo pericarpo ou casca (28 a 30%), pelo perisperma ou tegumento, que é a película fina que envolve o endosperma (1,45 a 3,22%), pelo embrião (1,8 a 2,6%), e pela amêndoa (67,70 a 71,88%) (Peixoto, 1972). A composição química do amendoim é de aproximadamente 91,90% de matéria seca, 15,94% de proteína bruta, 29,71% de fibra em detergente neutro, 14,04% de fibra em detergente ácido e 9,48% de matéria mineral, sendo 0,11% de cálcio e 0,74% de fósforo (Valadares Filho et al., 2006). O teor de óleo do amendoim varia em torno de 49% (Abdalla et al., 2008).

Caldas et al. (2002) avaliaram a presença de micotoxinas em diversos alimentos utilizados na alimentação humana na região do Distrito Federal. Foi observada a presença de aflatoxinas em 39% das amostras de amendoim cru analisadas, sendo que 37,4% das amostras de produtos derivados do amendoim tiveram contaminação por aflatoxinas. Sabino et al. (1999) avaliaram 137 amostras de amendoim e produtos derivados obtidos no período de janeiro de 1995 a dezembro de 1997, coletados no estado de São Paulo, sendo que 62 amostras (45,3%) foram positivas para aflatoxinas.

2. ÓLEO DE AMENDOIM

O óleo de amendoim pode ser extraído por diversas técnicas, com diferenças na eficiência. Os métodos mais utilizados são por meio de extração mecânica por prensagem, extração por solventes e por enzimas. Dessa forma, são originados coprodutos com variações nas composições.

O óleo do amendoim pode ser utilizado na alimentação humana e animal, assim como para a produção de biodiesel. Comparando com outros óleos de origem vegetal, principalmente o de algodão, o de amendoim é livre de fosfatídeos e de outros constituintes não oleosos (Barreto et al., 2009).

Devido à grande preocupação ambiental, precisa-se pensar em formas de se reduzir a liberação de metano no ambiente. Grainger (2008), realizando estudos na Austrália e no Canadá, observou que, para cada 1% de acréscimo de gordura na dieta de ruminantes, pode-se reduzir em até 6% a quantidade de metano produzido por quilo de matéria seca consumida.

Outro fator relevante no uso de gorduras na dieta de ruminantes é que se consegue aumentar a densidade energética da dieta e reduzir os níveis de carboidratos rapidamente fermentáveis, diminuindo os riscos de acidose metabólica nos animais. Esse fator é importante em vacas leiteiras de alta produção, às quais são fornecidas dietas com alta relação concentrado:volumoso. Além disso, o uso de gorduras na dieta de vacas leiteiras pode ser interessante em casos em que os animais apresentam ingestão de matéria seca reduzida, aumentando, assim, a ingestão de energia. A

suplementação lipídica superior a 5% da ingestão de matéria seca pode comprometer o consumo de matéria seca, devido a mecanismos reguladores da ingestão de matéria seca ou também pela capacidade limitada dos ruminantes de oxidar os ácidos graxos (Berchielli et al., 2006).

A composição de ácidos graxos varia de acordo com as variedades. Na Tabela 2, tem-se a composição de ácidos graxos do óleo de amendoim comparado com outras fontes de óleos vegetais. Pode-se observar que o óleo de amendoim é rico em ácidos graxos insaturados, sendo os ácidos oleico e linoleico os principais deles.

O ácido linoleico conjugado (CLA) é um composto que tem recebido grande atenção devido ao fato de ser anticarcinogênico, reduzindo, assim, a incidência de tumores em animais (Parodi, 1997). Além disso, alguns estudos em animais têm demonstrado um efeito positivo do CLA sobre a redução no risco de incidência de doenças cardiovasculares (Lee et al., 1994). O CLA é encontrado em alimentos oriundos de ruminantes, sendo o leite de vacas a maior fonte de CLA na dieta de humanos. Com isso, existe um grande interesse em aumentar a concentração desse composto em produtos de origem animal para a alimentação humana, como o leite e a carne.

Tabela 2. Composição de ácidos graxos (%) de várias fontes de óleo vegetal.

Ácido graxo	Fontes					
	Milho	Algodão	Amendoim	Colza	Soja	Girassol
Palmítico (C _{16:0})	11,67	28,33	11,38	3,49	11,75	6,08
Estearico (C _{18:0})	1,85	0,89	2,39	0,85	3,15	3,26
Araquídico (C _{20:0})	0,24	0	1,32	0	0	0
Behênico (C _{22:0})	0	0	2,52	0	0	0
Ligocérico (C _{24:0})	0	0	1,23	0	0	0
Oleico (C _{18:1})	25,16	13,27	48,28	64,40	23,26	16,93
Linoleico (C _{18:2})	60,60	57,51	31,95	22,30	55,56	73,73
Linolênico (C _{18:3})	0,48	0	0,93	8,23	6,31	0
Insaturados (%)	86,24	70,78	81,16	94,93	85,13	90,66
Saturados (%)	13,76	29,22	18,84	5,07	14,87	9,34

Fonte: Adaptado de Ma e Hanna (1999).

O CLA é obtido a partir de uma bio-hidrogenação incompleta no rúmen dos ácidos graxos da dieta. Quando a bio-hidrogenação é incompleta, o CLA pode escapar do rúmen e ser absorvido no trato gastrointestinal e, conseqüentemente, ser utilizado pela glândula mamária na síntese de gordura do leite. Alguns estudos mostram que a concentração de CLA na gordura do leite depende da presença de ácidos graxos insaturados na dieta (McGuire et al., 1996). Na Tabela 2, pode-se observar que o amendoim possui mais de 80% de ácidos graxos insaturados, podendo ser uma boa fonte na dieta de vacas leiteiras para a produção de CLA na gordura do leite.

Kelly et al. (1998) compararam a capacidade de três diferentes fontes de óleo vegetal em produzir CLA na gordura do leite de vacas. Foram fornecidos 5,3% da ingestão de matéria seca dos óleos de amendoim, girassol e linhaça. As concentrações de ácidos

graxos podem ser vistas na Tabela 3. Os pesquisadores não observaram diferença ($P>0,10$) na produção de leite nem no teor de gordura do leite entre os tratamentos, porém o teor de gordura do leite médio entre os tratamentos foi baixo (2,25%). Esses baixos teores de gordura do leite normalmente ocorrem quando altos níveis de óleos vegetais são incluídos na dieta. Entretanto, houve diferença ($P<0,001$) entre a concentração de CLA na gordura do leite entre os tratamentos. As vacas que receberam óleo de girassol apresentaram maior concentração de CLA (2,44g/100g de gordura), porém não houve diferença ($P>0,10$) entre os tratamentos com óleo de amendoim (1,33g/100g de gordura) e óleo de linhaça (1,67g/100g de gordura). Todos os tratamentos obtiveram concentrações de CLA na gordura do leite maiores que a concentração de CLA normalmente encontrada (3 a 6mg/g de gordura do leite).

Tabela 3. Composição de ácidos graxos (g/100g de óleo) das fontes de óleo da dieta.

Ácido graxo	Fonte de óleo da dieta		
	Amendoim	Girassol	Linhaça
16:0	12,3	4,0	6,5
18:0	3,2	5,4	4,0
18:1	51,5	21,2	22,7
18:2	30,2	69,4	15,4
18:3	-	-	51,4
Outros	2,7	-	-

Fonte: Kelly et al. (1998).

O CLA encontrado na gordura é originado da bio-hidrogenação parcial do ácido linoleico no rúmen e da síntese endógena no tecido adiposo e na glândula mamária (Leite e Lanna, 2009). Alguns genótipos de amendoim apresentam maiores níveis de ácido linoleico do que os níveis apresentados no estudo de Kelly et al. (1998); com isso, o óleo de amendoim pode ser uma boa alternativa para a manipulação da dieta de vacas leiteiras visando ao aumento na concentração de CLA na gordura do leite.

3. TORTA DE AMENDOIM

Segundo Barreto et al. (2009), a extração do óleo do amendoim mecanicamente origina a torta gorda; já quando a extração é feita por solventes, origina-se a torta magra. Assim, os diferentes métodos de extração produzem coprodutos com diferentes teores residuais de óleo, contribuindo para a obtenção de tortas com maiores ou menores valores energéticos. As tortas de oleaginosas são mais ricas em extrato etéreo do que os respectivos farelos (Nunes, 1991).

Evangelista et al. (2004) avaliaram a composição das tortas de amendoim e de mamona obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. Os resultados para a torta de amendoim podem ser vistos na Tabela 4. Para o teor de PB, a torta de amendoim obtida por extração por etanol obteve o menor valor, porém, no caso do farelo de mamona, não houve diferença entre os métodos. Já para os teores de EE,

embora o método a frio tenha sido o mais eficiente para extração do óleo para o farelo de amendoim, no caso do farelo de mamona, este método foi o menos eficiente. Entre os métodos com etanol e hexano, não houve diferença entre os tratamentos. Essas variações são de grande importância para a alimentação de vacas leiteiras, uma vez que os níveis de extrato etéreo na dieta não devem ultrapassar de 6 a 7%, sendo que níveis acima desses valores podem resultar em redução do consumo de matéria seca e afetar a fermentação ruminal (National Research Council - NRC, 2001).

Outro fator que deve ser considerado na avaliação da composição química das tortas é o fato de que podem ocorrer elevadas temperaturas no processo de extração do óleo, modificando, assim, a qualidade dos coprodutos, reduzindo a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de aminoácidos (Tafari e Rodrigues, 1984). Dessa forma, os coprodutos podem ter diferenças na sua composição e em seu valor nutricional. Na Tabela 5, é apresentada a composição química da torta de amendoim obtida por Oliveira et al. (2005).

Tabela 4. Teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e matéria mineral (MM) da torta de amendoim cultivar-tatu, obtidos por três métodos de extração do óleo (etanol, hexano e a frio).

Composição química (% na matéria seca)	Etanol	Hexano	Frio	Média
PB	33,13 b	38,35 a	37,87 a	36,45
EE	47,84 a	44,19 b	39,86 c	43,95
FDN	6,50 b	9,68 b	29,47 a	15,22
FDA	2,07 b	4,36 b	19,32 a	8,59
MM	3,34 b	2,85 a	2,67 a	2,95

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Adaptado de Evangelista et al. (2004).

Na Tabela 5, pode-se observar que o farelo de amendoim possui altos níveis de proteína bruta, sendo classificado como um alimento proteico, podendo, assim, ser um eventual substitutivo ao farelo de soja e ao farelo de algodão na alimentação de vacas leiteiras. Além disso, possui alto teor de extrato etéreo, constituindo uma boa fonte energética para vacas leiteiras. Porém, como discutido anteriormente, esses valores de extrato etéreo são variados de acordo com o método de extração do óleo. Os teores de fibra são elevados, o que pode comprometer a digestibilidade do alimento. Um cuidado especial quanto ao uso da torta de amendoim se deve à possível contaminação desse alimento pelo fungo *Aspergillus flavus*, que produz a toxina aflatoxina, cujo limite tolerado pela ANFAR e de 0,5mg/kg do concentrado. Para o uso em vacas leiteiras, o limite de inclusão deve ficar entre 20 e 30% do concentrado (Oliveira et al., 2005).

Tabela 5. Composição química (% da matéria seca) da torta de amendoim.

Composição química	
Matéria seca	94,01
Proteína bruta	34,73
Extrato etéreo	11,62
Fibra em detergente neutro	31,95
Fibra em detergente ácido	21,18
Matéria mineral	14,40
Extrato não nitrogenado	38,48
Cálcio	0,08
Fósforo	0,40

Fonte: Oliveira et al. (2005).

Devido aos elevados teores de gordura das tortas, elas podem ser utilizadas nas dietas de vacas leiteiras para diminuir a quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis, reduzindo, assim, o risco de acidose metabólica das vacas, e também para diminuir a quantidade de metano liberado no meio ambiente.

É de grande importância o conhecimento da composição química dos coprodutos que estão sendo utilizados nas dietas para se evitar erros na formulação, já que grandes variações nos teores de extrato etéreo e digestibilidade da proteína bruta podem existir de acordo com o método de extração do óleo.

4. FARELO DE AMENDOIM

O farelo de amendoim é obtido após a extração do óleo do amendoim e é um produto caracterizado por ter alto teor de proteína. Na Tabela 6, tem-se a composição química do farelo de amendoim em comparação com o farelo de soja e o farelo de algodão, que são outras duas fontes proteicas bastante utilizadas no Brasil em dietas de vacas leiteiras.

Ao avaliar a Tabela 6, pode-se observar que o farelo de amendoim apresenta maior teor de PB do que os farelos de soja e de algodão. Além disso, o farelo de amendoim apresenta maior NDT do que o farelo de algodão e menor do que o farelo de soja. O menor valor encontrado para NDT para o farelo de algodão se deve ao fato de este apresentar maiores valores de FDN e FDA. Porém, é importante ressaltar que esses valores são influenciados pelos níveis de inclusão de casca nos farelos; assim, podem-se encontrar farelos de amendoim com maiores níveis de inclusão de casca e, conseqüentemente, menores valores de PB, maiores valores de FDN e FDA e menores valores de NDT. Isso mostra a importância de se fazer análises laboratoriais dos coprodutos antes de sua inclusão na dieta de vacas leiteiras, evitando-se, assim, erros no balanceamento.

Tabela 6. Composição química (% da matéria seca) do farelo de amendoim, farelo de soja e farelo de algodão.

Composição química*	Fontes		
	Farelo de amendoim ¹	Farelo de soja ²	Farelo de algodão ²
MS	92,3	88,61	89,95
PB	51,8	48,78	40,90
EE	1,4	1,71	1,87
NDT	74,8	81,54	68,31
FDN	21,4	14,62	34,92
FDA	13,5	9,86	24,19
MM	5,8	6,32	6,82
Ca	0,20	0,34	0,24
P	0,64	0,58	1,00

*Matéria seca (MS); proteína bruta (PB); extrato etéreo (EE); nutrientes digestíveis totais (NDT); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); matéria mineral (MM); cálcio (Ca); fósforo (P).
Fonte: ¹NRC (2001); ²Valadares Filho et al. (2006).

Por ser um alimento proteico, não basta avaliar o teor de proteína, é importante também avaliar a sua qualidade pela composição de aminoácidos da proteína. Na Tabela 7, tem-se o perfil de aminoácidos do farelo de soja e de amendoim. Dentre os aminoácidos que compõem as proteínas, dez são considerados essenciais ou indispensáveis: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. Os aminoácidos essenciais são assim chamados por não serem sintetizados pelos tecidos do animal, ou se sintetizados, não ocorrerem em taxas suficientes para manter os requerimentos, principalmente quando em estágios de crescimento ou em altos níveis de produção. Segundo o NRC (2001), para vacas leiteiras, os principais aminoácidos limitantes são lisina e metionina.

Tabela 7. Composição de aminoácidos essenciais (AAE) (% da proteína bruta) do farelo de amendoim e do farelo de soja.

AAE	Farelo de amendoim	Farelo de soja
Arginina	11,07	7,38
Histidina	2,42	2,77
Isoleucina	3,27	4,56
Leucina	6,40	7,81
Lisina	3,34	6,28
Metionina	1,17	1,45
Fenilalanina	4,85	5,26
Treonina	2,69	3,98
Triptofano	0,98	1,27
Valina	3,94	4,69
AAE (%PB)	40,13	45,43

Fonte: NRC (2001).

Na Tabela 7, pode-se observar que o farelo de amendoim apresenta menores concentrações de todos os aminoácidos essenciais do que o farelo de soja, com exceção da arginina. Dessa forma, o farelo de amendoim é composto por 40,13% de sua proteína bruta em aminoácidos essenciais, enquanto o farelo de soja possui 45,43%. Dentre os aminoácidos limitantes, devem-se destacar os baixos níveis de lisina e metionina presentes no farelo de amendoim.

Goes et al. (2004) avaliaram diversos alimentos concentrados utilizados na alimentação de bovinos pela técnica de digestibilidade *in situ*, sendo que, dos alimentos avaliados, três deles são classificados como concentrados proteicos: o farelo de amendoim (58,4% de PB), o farelo de soja (47,9% de PB) e o glúten de milho (62,2% de PB). Os parâmetros de degradabilidade da matéria seca e da proteína bruta são mostrados na Tabela 8. Os autores observaram que o farelo de amendoim apresentou o maior valor de b (fração potencialmente degradável) (67,3%) para a matéria seca entre os alimentos proteicos, com uma taxa de degradação de 7,7%/h, caracterizando o alimento como potencialmente degradável no rúmen. Além disso, a degradabilidade efetiva (DE) do farelo de soja foi 17% maior que a do farelo de amendoim, porém com uma menor taxa de degradação. Para a degradabilidade da proteína bruta, o farelo de amendoim obteve a maior DE entre os alimentos, sendo 48% superior ao farelo de soja. A partir desses dados, os autores concluíram que o farelo de amendoim pode agir como um substituto ao farelo de soja para proteína degradada no rúmen.

Tabela 8. Fração solúvel (a), potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c), coeficiente de determinação (r^2), fração indegradável (l) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da matéria seca para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h.

Parâmetros de degradação da matéria seca								
Alimento	a (%)	b (%)	c	r^2	l (%)	DE		
						2%/h	5%/h	8%/h
Glúten de milho	11,9	60,3	0,021	0,99	27,97	42,3	29,3	24,1
Farelo de soja	34,5	64,7	0,066	0,97	0,8	84,1	71,3	63,7
Farelo de amendoim	20,0	67,3	0,077	0,97	12,7	73,4	60,8	52,9

Parâmetros de degradação da proteína bruta								
Alimento	a (%)	b (%)	c	r^2	l (%)	DE		
						2%/h	5%/h	8%/h
Glúten de milho	0,2	94,9	0,005	0,85	4,9	18,7	8,5	5,5
Farelo de soja	9,4	86,8	0,062	0,96	3,8	74,9	57,4	47,3
Farelo de amendoim	20,9	75,0	0,300	0,94	4,1	91,2	85,2	80,1

Fonte: Adaptado de Goes et al. (2004).

Por ser uma fonte de proteína degradável no rúmen (PDR), o potencial de uso do farelo de amendoim para vacas leiteiras de alta produção como única fonte proteica da dieta fica limitado, de forma que é preciso utilizar associada a ela uma fonte rica em proteína não degradável no rúmen (PNDR), como, por exemplo, os resíduos de cervejaria e o farelo de glúten de milho -60. Essas fontes de PNDR devem apresentar um bom perfil de aminoácidos essenciais, principalmente lisina e metionina. Dessa forma, pode-se atender a exigência de proteína metabolizável das vacas e maximizar o potencial produtivo dos animais. Quanto ao uso de farelo de amendoim na alimentação animal, deve-se levar em consideração o risco da presença de aflatoxinas.

5. PELE DO AMENDOIM

A pele do amendoim é um coproduto da produção de amendoins descascados, que passam por um processo de “branqueamento” mecânico, em que as peles são removidas e secas. A pele do amendoim constitui uma porcentagem relativamente pequena do amendoim descascado e do peso do grão, resultando em baixo volume disponível para a alimentação animal. Apresenta como característica altos teores de extrato etéreo e de proteína bruta, e relativamente baixos teores de fibra (Hill, 2002). Porém, um fator limitante para sua utilização é o nível de tanino presente, como poderá ser visto no decorrer deste tópico, além do risco de contaminação por aflatoxinas.

Na Tabela 9, tem-se a composição química da pele de amendoim. Pode-se observar que a pele de amendoim possui altos níveis de extrato etéreo, o que pode contribuir para o aumento da densidade energética da dieta de vacas leiteiras de alta produção, além de possuir níveis de proteína mais altos do que alguns alimentos energéticos, como polpa cítrica, milho e sorgo.

Tabela 9. Composição química (% da matéria seca) da pele de amendoim.

Composição química	Média
Matéria seca	92,6
Proteína bruta	17,6
Extrato etéreo	21,4
Cinzas	2,5
Fibra em detergente neutro	33,8
Fibra em detergente ácido	23,9
Lignina	5,6
Tanino	21,0

Fonte: Adaptado de Hill (2002).

West et al. (1993) avaliaram a influência de diferentes níveis de inclusão de pele de amendoim sobre a ingestão de matéria seca, a produção e composição do leite e o metabolismo da proteína em vacas em lactação. Os níveis de inclusão utilizados foram 0, 8, 16 e 24% da ingestão de matéria seca. Quanto ao consumo de matéria seca, os autores observaram uma redução com a inclusão de 24%, que pode ter ocorrido devido ao alto nível de extrato etéreo (7,9%) da dieta. Outro fator que pode levar à depressão do consumo é o teor de tanino, uma vez que a dieta apresentou 6,2% de tanino. Os níveis de inclusão de 8 e 16% de pele de amendoim apresentaram a maior produção de leite, no entanto a proteína do leite diminuiu com o aumento da inclusão. A redução da proteína do leite pode ter ocorrido devido à formação de complexos de tanino-proteína, reduzindo a digestibilidade da proteína (Kumar e Singh, 1984), já que houve redução na quantidade de NH_3 ruminal e também redução na digestibilidade da proteína bruta. McBrayer et al. (1983) também observaram redução na digestibilidade da proteína bruta com o aumento da inclusão (0, 10 e 20% da ingestão de matéria seca) da pele de amendoim na dieta. A partir dessas avaliações, West et al. (1993) concluíram que a inclusão de 16% de pele de amendoim pode melhorar o desempenho de vacas leiteiras, desde que a dieta contenha níveis de proteína bruta

acima do recomendado pelo NRC (2001) para compensar a redução da digestibilidade causada pelos níveis de tanino.

6. CASCA DE AMENDOIM

As cascas de amendoim são obtidas após separação mecânica dos grãos. Assim, as cascas constituem aproximadamente 20% das vagens secas e do peso dos grãos, resultando em grande volume de resíduo. A casca de amendoim tem sido utilizada como fonte de fibra na dieta de bovinos, combustível para caldeiras, cama para frangos de corte, adubação de solos, entre outros (Hill, 2002). Durante o processo de retirada da casca, fragmentos de grãos são incluídos juntamente, aumentando o valor nutritivo do coproduto (Utley et al., 1974). Na Tabela 10, tem-se a composição química média da casca de amendoim.

Na Tabela 10, pode-se observar que a casca de amendoim é um alimento altamente fibroso, com baixo valor nutricional. Barton et al. (1974) compararam a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da casca de amendoim com diversos alimentos ricos em fibra, inclusive forragens. Os resultados encontrados podem ser vistos na Tabela 11. A casca de amendoim é um alimento de baixa digestibilidade, visto que a DIVMS é menor que de outros coprodutos fibrosos, como a casca de soja e a casca de semente de girassol, e também menos digestível que forragens em estágio de maturidade de oito semanas. Dessa forma, o uso de casca de amendoim na dieta de vacas leiteiras fica limitado, sendo ela utilizada apenas para aumentar a concentração de fibra na dieta para manter a função ruminal adequada.

Tabela 10. Composição química (% da matéria seca) da casca de amendoim.

Composição química	Casca de amendoim
Matéria seca	90,25
Proteína bruta	5,20
Extrato etéreo	0,52
Fibra em detergente neutro	96,11
Fibra em detergente ácido	90,35
Lignina	12,08
Matéria mineral	2,22
Cálcio	0,32
Fósforo	0,01

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

Tabela 11. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de coprodutos e de forragens.

Alimento	DIVMS
Casca de amendoim	24,2
Casca de soja	69,6
Casca de semente de girassol	45,8
Coastal bermuda (8 semanas)	59,0
Pensacola (8 semanas)	61,1

Fonte: Adaptado de Barton et al. (1974).

Alguns estudos com a utilização de tratamentos químicos sobre a casca de amendoim foram conduzidos com o intuito de aumentar a digestibilidade. Foram utilizados cloreto de sódio, amônia, hidróxido de sódio, hipocloreto de cálcio, dentre outros. Barton et al. (1974) avaliaram a influência de diversos tratamentos químicos sobre a DIVMS e a digestibilidade *in vitro* da celulose da casca de amendoim e observaram que apenas o tratamento com hipocloreto de cálcio foi eficiente em aumentar a DIVMS (40% vs 24,2%). Os autores concluíram que a baixa digestibilidade da casca de amendoim pode ser devido a uma propriedade específica da fração da celulose, já que os autores compararam a digestibilidade da celulose da casca de amendoim com a de outras fontes de fibra, e a celulose da casa de amendoim apresentou a menor digestibilidade (52,1%).

Pelo fato de a utilização da casca de amendoim ocorrer exclusivamente como fonte de fibra na dieta, é importante preocupar-se com o tamanho de partícula adequado para que se mantenha a função da estimulação da ruminação. Utlely et al. (1974) compararam o efeito do tamanho de partícula da casca de amendoim com inclusão de 20% na dieta de bois sobre o ganho de peso diário, a digestibilidade da dieta e a incidência de abscessos hepáticos. Foram utilizadas cascas de amendoim inteiras, finamente moídas e finamente moídas e peletizadas. Os autores observaram que a digestibilidade da matéria seca, a da proteína bruta e a da fibra bruta não foram afetadas pela forma de fornecimento da casca de amendoim, além disso os animais alimentados com casca de amendoim inteira tenderam a ter maior ganho de peso diário. O exame *pos mortem* desses animais revelou a incidência de abscessos hepáticos de 3,7%, 56% e 59%, para os tratamentos com cascas de amendoim inteiras, finamente moídas e finamente moídas e peletizadas, respectivamente. Assim, ao incluir casca de amendoim como fonte de fibra na dieta de vacas leiteiras, deve-se levar em consideração a forma física desse alimento para que se mantenha a função de estimular a ruminação e a manutenção da função ruminal.

Um fator importante a ser considerado quanto ao uso de casca de amendoim na alimentação de vacas leiteiras é quanto à presença de aflatoxinas. Gonzalez et al. (2008) isolaram fungos presentes nas cascas de amendoim da região de Junqueirópolis - SP. Os principais fungos isolados foram *Fusarium* ssp. (78,75 %), *Rhizopus* ssp. (14,1 %) e *A. flavus* (11,75 %). No solo foram isolados *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. e *Aspergillus flavus*, entre outros. A presença de *A. flavus* e de aflatoxinas nas amostras revela a importância do controle das cascas de amendoim antes de sua utilização. Boas práticas agrícolas são indicadas como forma de prevenção, uma vez que a contaminação das vagens ocorreu antes da colheita.

7. SILAGEM DE AMENDOIM

Após a colheita, a planta do amendoim surge como uma opção para a alimentação animal, podendo ser ensilada para a conservação desse excesso de forragem produzida. Johnson Jr. et al. (1979) avaliaram o valor nutritivo da silagem da planta do amendoim com e sem tratamento com ácido propiônico e formaldeído. As

composições da planta *in natura* e ensilada podem ser vistas na Tabela 12. O alto conteúdo de extrato etéreo da silagem de amendoim é um fator limitante para que seja utilizada como única fonte de volumoso para vacas leiteiras, assim os autores utilizaram em seus estudos silagem de milho e silagem de amendoim como fontes de volumoso na proporção de 1:1. A planta do amendoim colhida para ensilagem foi composta de 66% de folhas e caules, 30% de vagens e sementes e 4% de raízes. Os autores observaram que o tratamento da silagem com ácido propiônico e formaldeído alterou o perfil de fermentação da silagem de amendoim, e a silagem tratada apresentou menor pH (4,5 vs 5,24), maior produção de ácido lático e menor produção dos ácidos acético e butírico ($P < 0,05$). Além disso, os autores observaram que as digestibilidades aparentes da proteína bruta e do extrato etéreo foram relativamente maiores para as dietas que receberam o volumoso na proporção de 1:1 de silagem de milho:silagem de amendoim do que as dietas que receberam silagem de milho exclusivamente. Isso indica que a silagem da planta de amendoim pode ser usada como fonte de volumoso para bovinos, sendo uma boa fonte de proteína, energia e fibra. Os autores concluíram que o tratamento com ácido propiônico e formaldeído alterou o perfil de fermentação da silagem, porém as respostas de consumo e digestibilidade animal das silagens tratadas e não tratadas foram similares.

Tabela 12. Composição média da planta de amendoim (% da matéria seca) antes e após a ensilagem, tratada e não tratada com uma mistura de ácido propiônico e formaldeído.

Composição	Antes da ensilagem		Após ensilagem	
	Não tratada	Tratada	Não tratada	Tratada
Matéria seca	32,6	33,3	31,5	32,7
Proteína bruta	15,4	16,0	15,2	15,4
Extrato etéreo	13,0	12,7	14,7	13,2
Total de açúcares	13,8	13,4	8,4	10,9
Fibra em detergente neutro	53,0	45,7	54,1	48,6
Fibra em detergente ácido	43,5	39,0	46,2	40,8
Lignina	7,7	8,1	8,5	8,8
Cinzas	7,3	6,5	8,0	6,5

Fonte: Johnson Jr. et al. (1979).

8. AFLATOXINAS

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos, sendo um dos maiores grupos de toxinas naturais contaminantes de alimentos e rações. São substâncias de estruturas diversificadas e muitas destas atuam como precursores de substâncias causadoras de intoxicações tanto em humanos quanto em animais. Dentre as micotoxinas conhecidas, a aflatoxina apresenta-se como a toxina mais estudada e melhor compreendida pela ciência em relação às demais. As aflatoxinas (AF) são um grupo de micotoxinas produzidas principalmente pelo *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, sendo que as espécies *Penicillium puberulum* e *Aspergillus nomius* também podem produzir aflatoxinas (Wilson e Payne, 1994; Hollinger e

Ekperigin, 1999). As aflatoxinas são cumarinas substituídas, lipofílicas, de baixo peso molecular, tendo efeitos anticoagulantes, incolores, inodoras, insípidas, solúveis em solventes orgânicos, resistentes ao calor, frio, luz e são degradadas apenas pelo metabolismo hepático.

Várias espécies de fungos podem colonizar o amendoim, porém os seguintes fungos são os mais significativos produtores de aflatoxinas e outras toxinas: *Aspergillus flavus* (produtores de aflatoxinas B₁ e B₂), *A. parasiticus* (B₁, B₂, G₁ e G₂), *A. nomius*, *Penicillium citrinum*, *P. variable* e *P. frequentans* (Fonseca, 2004). Após a ingestão, são quase 100% absorvidas no intestino, passando para o sangue, onde aproximadamente 90% ligam-se à albumina. O fígado é o principal sítio de detoxificação, por vias oxidativas, mas a mucosa gástrica e os microrganismos ruminais e entéricos são capazes de reduzir a toxicidade das AF (Galtier, 1998). Dentre estas aflatoxinas, a AFB₁ é a mais importante por ser produzida em quantidades superiores às demais e também por apresentar maior toxicidade

Relatos de casos de micotoxicoses são registrados desde tempos antigos, porém a iniciativa de pesquisar as causas destas intoxicações só teve início na década de 60, depois da morte de cem mil perus em granjas nos arredores de Londres, devido a uma necrose hepática aguda, apresentando ainda hiperplasia dos ductos biliares depois de consumirem farelo de amendoim contaminado com fungos do gênero *Aspergillus*. As pesquisas subsequentes identificaram e isolaram aflatoxinas (Ramos e Hemhdéz, 1997).

O crescimento fúngico e a contaminação com aflatoxinas ocorrem a partir de uma interação entre fungo, hospedeiro e ambiente, sendo que vários fatores ambientais favorecem essa interação. Os principais fatores ambientais que influenciam a formação de micotoxinas são: umidade relativa, umidade do grão, temperatura, carga de insetos, práticas pré e pós-colheita, sanidade da planta, condições da colheita, da secagem, das chuvas pós-colheita, do transporte, do armazenamento, dentre outros (Fonseca, 2004). A temperatura ideal para o crescimento destes fungos vai de 15 a 40°C, e os níveis de umidade de 20 a 25%, quando a produção máxima de micotoxina pode ser alcançada (Marquardt, 1996). Na Figura 1, são apresentados alguns fatores ambientais que influenciam na contaminação de alimentos por micotoxinas.

A prevenção da contaminação dos alimentos com *Aspergillus* é o melhor método para eliminar a presença de AFB₁, entretanto a contaminação dos alimentos é de difícil controle. Algumas estratégias podem ser adotadas para que se evite a contaminação dos alimentos por AFB₁ após a colheita. Alguns destes métodos envolvem a identificação precoce e a eliminação dos cereais altamente contaminados com aflatoxinas. Um deles se faz pelo uso de irradiação ultravioleta, como um teste de triagem de rápida execução e de baixo custo, pois alimentos altamente contaminados exibem fluorescência, sendo rapidamente descartados, mas esta técnica só é útil em alimentos altamente contaminados, não sendo eficaz em níveis de contaminações mais baixas, mas que, ainda assim, podem causar danos à saúde animal e humana. Outras técnicas de detecção são mais eficientes, porém mais complexas e de maior

custo, como: cromatografia em camada delgada, gasosa, líquida e de minicoluna, e o teste ELISA (Pennington, 1986; Duncan e Hagler Jr., 1999).

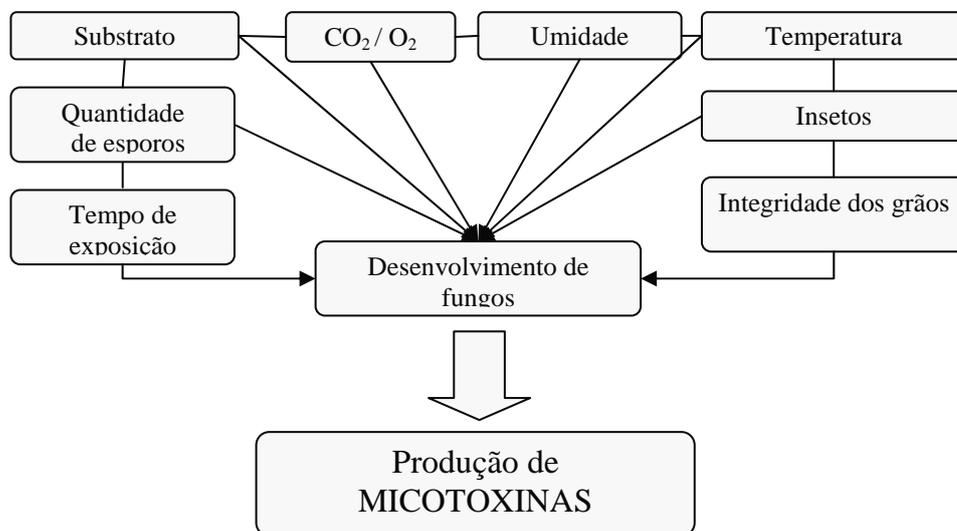


Figura 1. Fatores ambientais que influenciam no crescimento dos fungos e na produção de micotoxinas.

Fonte: Adaptado de Marquardt (1996).

As aflatoxinas alteram a síntese de proteínas por inibirem a síntese de RNA mensageiro e a atividade da RNA polimerase dependente do DNA (Oswald e Coméra, 1998; Santurio, 1999). Comprometem o metabolismo hepático das gorduras, levando à degeneração gordurosa e à necrose, à redução do fluxo biliar e a prejuízos na absorção de nutrientes (Tung et al., 1975; Santurio, 1999). AFB1 é carcinogênica para humanos e animais devido à interferência com a síntese de ácidos nucleicos e proteínas, produzida pela ligação com o material genético e alteração estrutural e de função biológica, isto devido ao funcionamento inadequado dos ribossomos que posteriormente levará à degranulação do retículo endoplasmático. Esta alteração na síntese proteica e dos ácidos nucleicos tem como consequência o aparecimento de neoplasias (Castegnaro e McGregor, 1998; Santurio, 1999).

Aves, suínos, bovinos, equinos, ovinos e caninos são os animais mais susceptíveis à aflatoxicose aguda (Carvalho, 1995). Os sinais clínicos ocorrem de forma aguda e crônica, sendo dependentes de dose e tempo de exposição. Os animais manifestam depressão, inapetência, ataxia, convulsões, dispneia, epistaxe, icterícia, lesões renais, fezes com sangue fluido, hemorragias devido à falha na coagulação sanguínea causada pela hipoprotrombinemia e depleção de outros fatores de coagulação, e a morte ocorre em um a três dias. Na forma crônica, os alimentos contaminados são ingeridos em períodos maiores, de quatro a sete dias ou até semanas. Ocorre inapetência, anemia, fraqueza, diminuição no ganho de peso e retardo do crescimento, distensão abdominal e icterícia discreta (Meronuck, 1994).

O limite máximo de aflatoxinas permitido varia de acordo com a legislação de cada país. No caso do Brasil, o limite máximo para alimentos destinados à alimentação humana é de 20µg/kg de aflatoxinas totais (AFB₁ + AFB₂ + AFG₁ + AFG₂) para milho grão, farinha de milho, amendoim, ou pasta de amendoim; no caso de leites, o limite para a aprovação do lote é de 0,5µg/L para AFM₁ para leite fluido, e de 5,0µg/kg para AFM₁ para leite em pó (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2002). Para o MAPA, o valor máximo admitido para alimentos destinados à alimentação animal é de 50µg/kg (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 1988).

Muitos métodos de detoxificação têm sido sugeridos, como a utilização de métodos físicos de separação dos grãos mofados por densidade específica, a qual apresenta uma eficiência na redução da concentração inicial de AF de 70 a 90% (Vasanthi e Bhat, 1998). Segundo Christensen et al. (1977), o método de tratamento por calor é ineficaz, pois as aflatoxinas são termoestáveis e não são completamente destruídas, permanecendo no alimento mesmo depois de passarem por temperaturas altas como as alcançadas em autoclaves.

A extração de AF pelo uso de solventes tem sido feita para sementes oleaginosas, como amendoim e algodão (Dollear, 1969). Apesar de ser uma técnica eficiente na remoção da AF, apresenta algumas desvantagens que inviabilizam a utilização do processo, já que o material tratado por esse método só pode ser aproveitado para alimentação animal, além do que essa técnica é limitada pelo alto custo e por problemas relacionados à venda dos reagentes, sendo alguns de comercialização restrita (Rustom, 1997).

O tratamento com amônia aparece como o mais utilizado pela indústria e o mais eficaz na remoção da AF. De acordo com Eaton e Groopman (1994), o processo de amoniação utilizando hidróxido de amônio ou amônia gasosa mostrou reduções dos níveis de AF em milho, amendoim, caroço de algodão e subprodutos do algodão maiores que 99%. A eficácia do processo está diretamente relacionada com quantidade de amônia utilizada, tempo de reação, temperatura e pressão, e utilização da amônia com formaldeído. As desvantagens do processo são relacionadas principalmente com as estruturas utilizadas durante o procedimento, pois a amônia tem alto poder corrosivo. Além disso, alguns efeitos na qualidade dos alimentos são atribuídos ao processo, como o aumento no nitrogênio total e no nitrogênio não proteico, a diminuição do nitrogênio solúvel e, principalmente, a diminuição nos conteúdos de aminoácidos (cistina, metionina e especialmente lisina) (Eaton e Groopman, 1994). Na Tabela 13, são apresentados alguns parâmetros e aplicações da amoniação.

Dollear et al. (1968) avaliaram diferentes métodos de detoxificação do farelo de amendoim e suas conseqüentes alterações na composição química dos farelos, (Tabela 14). Observou-se que a qualidade da proteína foi alterada nos tratamentos que envolveram altas temperaturas, como hidróxido de sódio, metilalanina e ozônio. O tratamento com 90% de acetona e 10% de água foi o mais eficiente em reduzir a quantidade de aflatoxinas, sem afetar a qualidade da proteína.

Tabela 13. Parâmetros e aplicações do processo de amoniação.

Parâmetros	Procedimentos	
	Alta pressão / Alta temperatura	Pressão atmosférica / Temperatura ambiente
Amônia (%)	0,5 – 2	1 – 5
Pressão (PSI)	35 – 50	Atmosférica
Temperatura (°C)	80 – 120	Ambiente
Tempo	20 – 60 min	14 – 42 d
Umidade (%)	12 – 16	12 – 16
Alimento	Algodão, amendoim, milho	Algodão, milho
Aplicação	Indústria	Propriedade

Fonte: Eaton e Groopman (1994)

Tabela 14. Composição dos farelos de amendoim obtidos por diferentes métodos de detoxificação.

(%)	Controle	Tratamento por inativação				Extração
	Original	Hidróxido de sódio	Metilalanina	Ozônio	Amônia	90% acetona, 10% água
Umidade	7,22	6,86	8,86	6,30	7,90	9,74
Óleo	0,75	0,49	0,26	0,28	0,63	0,16
Nitrogênio	9,82	9,67	10,20	9,96	10,39	10,14
Fibra bruta	5,0	4,9	4,9	4,3	4,8	5,0
Nitrogênio sol.	82,4	55,9	60,5	59,2	70,0	79,6
Disponibilidade da lisina g/16g N	2,8	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8
Aflatoxinas (ppb)	111,0	17,0	< 5,0	18,0	< 5,0	0,0

Fonte: Adaptado de Dollear et al. (1968).

Não há tratamento para a aflatoxicose, e o uso de adsorventes, como aluminossilicatos, bentonita, filossilicatos e zeólitas, tem sido uma alternativa para a prevenção de quadros de aflatoxicose, pois tais materiais promovem a quelação das AF no trato gastrointestinal, diminuindo sua absorção. Mas a utilização destas substâncias requer estudos mais aprofundados, pois suspeita-se que seu uso prolongado pode levar à indisponibilização de minerais e vitaminas, provocando redução da *performance* do animal (Ramos e Hemhdez, 1997).

Assim, algumas medidas de boas práticas agrícolas devem ser tomadas para se evitar a contaminação dos produtos e coprodutos do amendoim, já que a maior parte da contaminação ocorre durante a permanência da cultura no campo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à utilização dos coprodutos do amendoim na alimentação de vacas leiteiras, deve-se ter cuidado com o nível de contaminação por aflatoxinas do alimento. Devido ao uso do amendoim na alimentação humana e aos programas de prevenção de contaminação por aflatoxinas, tende-se a reduzir os níveis de contaminação dos coprodutos.

O amendoim ainda é um produto de característica regional no Brasil, sendo que, devido ao crescimento da indústria do biodiesel, a tendência é de se aumentar a produção brasileira, elevando, assim, a produção nacional de amendoim e de seus coprodutos.

Devido à grande variação na composição dos cultivares e dos métodos de extração do óleo, é importante que se façam análises laboratoriais para a determinação da composição química dos coprodutos utilizados, de forma que se possa ter mais segurança na formulação da dieta dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.* v.37, supl. esp., p.260-268, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução nº 274 de 15 out. 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 out. 2002. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/274_02rdc.htm>. Acessado em: 10 abr. 2009.

BARRETO, A.N.; VALE, D.G.; FERREIRA, D.S. et al. O cultivo do amendoim. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivodoAmendoim/>. Acessado em 06 abr. 2009.

BARTON, F.E.; AMOS, H.E.; ALBRECHT, W.J. et al. Treating peanut hulls to improve digestibility for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.38, p.860-866, 1974.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

BRASIL. Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel e sobre a adição de biodiesel ao óleo diesel. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acessado em 10 abr. 2009.

CALDAS, E.D.; SILVA, S.C.; OLIVEIRA, J.N. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. *Rev. Saúde Públ.*, v.36, p.319-323, 2002.

CARVALHO, E. C. Q. Micotoxinas e alimentos: implicações na saúde humana e animal. *Rev. Bras. Clín. Vet.*, v.2, p.27-31, 1995.

CASTEGNARO, M.; MCGREGOR, D. Carcinogenic risk assessment of mycotoxins. *Rev. Méd. Vét.*, v.149, p.671-678, 1998.

CHRISTENSEN, C.M.; MIROCHA, C.J.; MERONUCK, R.A. Molds, mycotoxins and mycotoxicoses. *Cereal Foods World*, v.22, p.513-519. 1977.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Quarto levantamento de avaliação de safra 2006/2007. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acessado em: 6 abr. 2009.

DOLLEAR, F.G. Detoxification of aflatoxins in foods and feeds. In: GOLDBLATT, L.A. (Ed.). *Aflatoxin*. New York, NY: Academic Press, 1969. p.360-387.

DOLLEAR, F.G.; MANN, G.E.; CODIFER, L.P. et al. Eliminations of aflatoxins from peanut meals. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, v.45, p.862-865. 1968.

DUNCAN, H.E.; HAGLER Jr. W.M. Aflatoxins and other mycotoxins. National Corn Handbook. 1999. 11p. Disponível em :< <http://www.agcom.purdue.edu>>. Acessado em: 7 abr. 2009.

EATON, D.L.; GROOMPMAN, J.D. *The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance*. San Diego, CA: Academic Press, 1994.

EVANGELISTA, A.R., ABREU, J.G.; PERON, A.J. et al. Composição química de tortas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e mamona (*Ricinus communis*, L.) obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURAS E BIODIESEL. 1., 2004. Varginha, MG. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_01/index.html>. Acessado 6 abr. 2009.

FAGUNDES, M.H. Sementes de amendoim: alguns comentários. 11p. 2002. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/semente_de_amendoim_internet.pdf>. Acessado em: 5 abr. 2009.

FONSECA, H. Micotoxinas em amendoim. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ESPECIALISTAS EM *Arachis*. 4., 2004, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, Embrapa, 2004. p.81-85.

FREIRE, R.M.M.; NARAIN, N.; MOREIRA, R.A. et al. Avaliação proteica da farinha desengordurada de genótipos de amendoim. *Rev. Oleag. Fibr.*, v.4, p.193-199, 2000.

FREIRE, R.M.M.; NARAIN, N.; SANTOS, R.C. Aspectos nutricionais de amendoim e seus derivados. In: SANTOS, R.C. (Ed.): *O agronegócio do amendoim no Brasil*. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2005. p.389-420.

GALTIER, P. Biological fate of mycotoxins in animals. *Rev. Méd. Vét.*, v.149, p.549-554, 1998.

GOES, R.H.T.B., MANCIO, A.B.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados usados como suplementos para novilhos. *Ciênc. Agrotec.*, v.28, p.167-173, 2004.

GONÇALEZ, E.; SOUZA, T.N.; ROSSI, M.H. et al. Avaliação da microflora e ocorrência de micotoxinas em cascas de amendoim em diferentes estágios de maturação da vagem. *Ciênc. Agrotec.*, v.32, p.1380-1386, 2008.

GRAINGER, C. *GIA methane*: Increasing fat can reduce methane emissions. *GIA Newsl.*, n.10, p.5, 2008.

HILL, G.M. Peanut by-products fed to cattle. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim Pract.*, v.18, p.295-315, 2002.

HOLLINGER, K., EKPERIGIN, H.E. Mycotoxicosis in food producing animals. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.*, v.15, p.133-165, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2009. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 07 abr. 2009.

JOHNSON Jr, J.C.; BUTLER, J.L.; WILLIAMS, E.J. Composition and nutritive value of whole plant peanuts (*Arachis hypogaea*, L.) ensiled with and without propionic acid-formaldehyde treatment. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.1258-1263, 1979.

KELLY, M.L.; BERRY, J.R.; DWYER, D.A. et al. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.*, v.128, p.881-885, 1998.

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W.C. Taxonomia del gênero *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia*, v.8, p.1-186, 1994.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food Chem.*, v.32, p.447-453, 1984.

LEE, K.N.; KRITCHEVSKY, D.; PARIZA, M.W. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, v.108, p.19-25, 1994.

LEITE, L.C.; LANNA, D.P.D. Avanços no estudo do metabolismo de lipídeos: perfil da gordura depositada na carne ou secretada no leite de ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES. 2., 2009. Pirassununga, SP. *Anais...* Pirassununga: USP/FZEA, 2009. p.147-164.

MA, F.; HANNA, M.A. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technol.*, v.70, p.1-15, 1999.

MARCONATO, F.E. Produção e custos do amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURAS E BIODIESEL. 3., 2006, Varginha, MG. Disponível em: http://oleo.ufla.br/anais_02/index.html. Acessado em: 6 abr. 2009.

MARQUARDT, R.R. Effects of molds and their toxins on livestock performance: a western canadian perspective. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.77-89, 1996.

MARTINS, R.; PEREZ, L.H. Amendoim: Inovação tecnológica e substituição de importações, Brasil, 1996-2005. *Inf. Econ.*, v.36, p.7-19. 2006.

McBRAYER, A.C.; UTLEY, P.R.; LOWREY, R.S. et al. Evaluation of peanut skins (testa) as a feed ingredient for growing-finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, v.56, p.172-183. 1983.

McGUIRE, M.A.; McGUIRE, M.K.; GUY, M.A. et al. Effect of dietary lipid concentration on content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk from dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.74, suppl. 1, p.266, 1996. Abstract.

MERONUCK, R.A. Mycotoxins in feed. *Feedstuffs Ref. Issue*, v.66, n.30, p.163-166, 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 7 de 9 nov. 1988. Estabelece padrões mínimos das diversas matérias-primas empregadas na alimentação animal. *Diário oficial da União*, Brasília, 14 nov. 1988. Seção 1, p.21968.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev.. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NUNES, I.J. Alimentos usados em nutrição animal. *Cad. Téc. Esc. Vet. UFMG*, n.5, p.27-46, 1991.

OLIVEIRA, A.A.G.; PEREIRA, J.; ALVARENGA, T.M.P. Análises bromatológicas e mineralógicas das tortas de amendoim, girassol e mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURAS E BIODIESEL. 2., 2005, Varginha, MG. Disponível em: http://oleo.ufla.br/anais_01/index.html. Acessado em: 6 abr. 2009.

OSWALD, I.P.; COMÉRA, C. Immunotoxicity of mycotoxins. *Rev. Méd. Vét.*, v.194, p.585-590, 1998.

PARODI, P.W. Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *J. Nutr.*, v.127, p.1055-1060, 1997.

PEIXOTO, A.R. *Plantas oleaginosas herbáceas*. Sao Paulo: Nobel, 1972. 171p.

PENNINGTON, L.J. Thin layer chromatography and densitometric determination of aflatoxins in mixed feeds containing citrus pulp. *J. Assoc. Offic. Analyt. Chem.*, v.69, p.690- 696, 1986.

PROAMENDOIM. Programa de autorregulação e expansão do consumo de amendoim. Disponível em: <http://www.proamendoim.com.br/site/abicab_associacao.php>. Acessado em: 06 abr. 2009.

RAMOS, A.J.; HEMHDEZ, E. Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.65, p.197-206, 1997.

RUSTOM, I.Y.S. Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chem.*, v.59, p.57-67, 1997.

SABINO, M.; MILANEZ, T.V.; LAMARDO, L.C.A. et al. Occurrence of aflatoxins in peanuts and peanuts products consumed in the state of São Paulo/Brazil from 1995 to 1997. *Rev. Microbiol.*, v.30, p.85-88, 1999.

SANTURIO, J.M. Micotoxinas: quais são, como atuam e como evitá-las. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 1999, São Paulo. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1999. (Palestra ministrada).

TAFURI, M.L.; RODRIGUES, M.T. Subprodutos das indústrias de óleo na alimentação animal. *Inf. Agropec.*, v.10, n.119, p.43-48, 1984.

TUNG, H.T.; WYATT, R.D.; THAXTON, P. et al. Concentration of serum proteins during aflatoxicosis. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, v.34, p.320-326, 1975.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2009. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 5 abr. 2009.

UTLEY, P.R.; LOWREY, R.S.; CORMICK, W.C. *Peanut hulls a source of roughage in cattle finishing diets*. Tifton, GA: University of Georgia College of Agriculture, Coastal Plain Station, 1974. (Tifton Research Bulletin, 154).

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VASANTHI, S.; BHAT, R.V. Mycotoxins in foods: Occurrence, health & economic significance and food control measures. *Indian J. Med. Res.*, v.108, p.212-224, 1998.

WEST, J.W.; HILL, G.M.; UTLEY, P.R. Peanut skins as a feed ingredient for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.590-599, 1993.

WILSON, D.M.; PAYNE, G.A. Factors affecting *Aspergillus flavus* group infection and aflatoxin contamination of crops. In: EATON, D.L.; GROPMAN, J.D. (Ed.). *The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary and agricultural significance*. San Diego, CA: Academic Press, 1994. p.309-325.

CAPÍTULO 27

TORTA DE MAMONA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Marcelo Neves Ribas¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Fernanda Samarini Machado³, Isabela Rocha França Machado Veiga⁴*

RESUMO

Na produção de biocombustíveis, os principais insumos são os óleos vegetais e o álcool, ambos provenientes da atividade agrícola. Para o biodiesel, as culturas mais utilizadas são: soja, mamona, dendê (palma) e girassol. Até março de 2007, segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário, a produção esteve assim distribuída: 70% da área plantada pela agricultura familiar brasileira estavam com a mamona, 24% com a soja, 5% com o dendê e 1% com o girassol. Com o incentivo governamental para produção do biodiesel, cresce no mercado a oferta de subprodutos que podem ser utilizados de forma eficiente na alimentação animal. O objetivo deste capítulo é descrever o potencial de utilização da torta de mamona na alimentação de bovinos leiteiros.

INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa, da família das euforbiáceas, cultivada na maioria dos países tropicais e temperados mais quentes. Tem como origem o nordeste da África, possivelmente da Etiópia (Gonçalves et al., 1981), e no Brasil adaptou-se muito bem, sendo encontrada em grandes áreas do território nacional.

A cultura da mamona sempre foi considerada uma importante atividade para a economia do semiárido nordestino por ser resistente à seca, utilizando muita mão de obra e produzindo matéria-prima para a indústria (Macêdo, 2004). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), o estado da Bahia é o principal produtor nacional, com cerca de 122,8 mil ha plantados na safra 2006/07 e uma produção estimada de 75,6 mil toneladas, 66% da produção nacional. Nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, para garantir a competitividade com outros produtos, tornou-se necessário o desenvolvimento de cultivares mais rentáveis e de técnicas que facilitassem a mecanização.

¹ Médico Veterinário, MSc., DSc. em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. os2ribas@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médica Veterinária, MSc., DSc. Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610. Dom Bosco. CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. fernanda@cnppl.embrapa.br

⁴ Médica Veterinária, MSc., Doutoranda em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. belaveiga@yahoo.com.br

A cultura da mamona no Brasil experimentou um período de plena decadência na década de 90. Entretanto, a partir do lançamento de diversos programas governamentais, visando incentivar e aperfeiçoar a produção de biodiesel no país, apresenta sinais de recuperação. A safra brasileira para 2004 é da ordem de 149,09 mil toneladas e representa extraordinária recuperação da produção nacional em relação às safras dos últimos 10 anos (Kouri et al., 2004). O Brasil, no ano de 2004, foi o terceiro maior produtor do mundo, atrás apenas da Índia e da China, que produziram 804 e 275 mil toneladas, respectivamente (Food and Agriculture Organization - FAO, 2004).

A região de cultivo da mamoneira mais expressiva no Brasil é o semiárido nordestino, que representa 90% da área plantada e 79% da produção, cuja produtividade média nos últimos 30 anos foi de 539kg/ha. Em alguns estados do Sul e Sudeste, a produtividade média é de 1145kg/ha, quase o dobro da atual média nacional, que é de 595kg/ha. No sistema de produção adotado pelos agricultores, quase todas as atividades empregam mão de obra familiar, o que faz com que a cultura seja típica de propriedades pequenas (Ávila Filho, 2006).

O principal produto da industrialização das sementes da mamona é o óleo de rícino, que, devido ao seu alto peso específico, viscosidade e solubilidade em álcool, distingue-se da maioria dos outros óleos de origem vegetal. É utilizado como componente de tintas, isolantes, lubrificantes de motores de alta rotação, cosméticos, base de inseticidas e fungicidas etc.

Mesmo sendo um subproduto da extração do óleo, a torta de mamona tem significativa participação nas receitas das indústrias (Costa, 2004). Contém alto teor de proteína e outros macronutrientes, tornando-se um excelente adubo que também contribui para o fornecimento de matéria orgânica para o solo (Bandeira, 2004). Sua utilização como alimento animal ainda é pequena porque o processo de destoxificação ainda não está disponível em escala industrial (Costa et al., 2004).

Levando em consideração o rendimento da extração de óleo e a produção nacional de mamona em 2007, a produção de torta de mamona no Brasil neste ano foi de aproximadamente 61,6 mil toneladas (Figura 1).

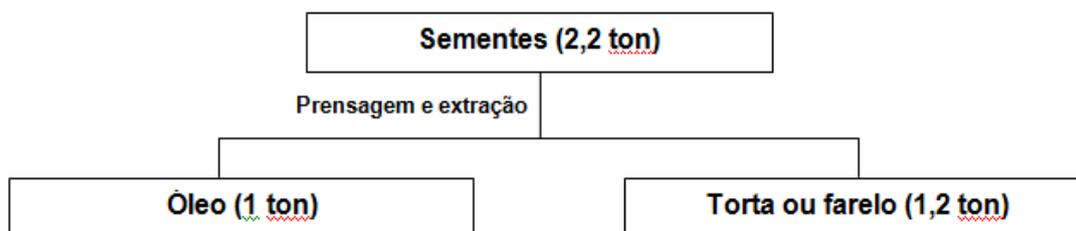


Figura 1. Processamento de sementes de mamona.

1. PRINCÍPIOS TÓXICOS

A toxidez da mamona é devido à presença de ricina (uma toxoalbumina), ricinina (um alcaloide) e o "Castor Bean Allergen" (um complexo alergênico).

A ricina é encontrada exclusivamente no endosperma das sementes de mamona, podendo desencadear um quadro clínico gastrointestinal com vômitos, diarreia e entorpecimentos. Doses elevadas podem provocar aglutinação das hemácias e, em seguida, a hemólise. Purushotam et al. (1985) trabalharam com carneiros alimentados com dietas contendo ricina e observaram nos animais quadros de enterite necrótica e lesões renais.

A ricinina é encontrada em todas as partes da planta e é um alcaloide medianamente tóxico, podendo causar vários distúrbios neuromusculares nos pequenos ruminantes, sendo os ovinos mais sensíveis que os caprinos (Bezerra e Brito, 1995). Dobereiner et al. (1981) encontraram distúrbios como inquietação, desequilíbrio ao caminhar, sialorreia, tremores musculares e convulsões nos bovinos alimentados com pericarpos da semente de mamona. Os quadros de distúrbios neuromusculares acontecem mais comumente com alimentação à base de folhas de mamona, devido à maior concentração de ricinina nesta parte da planta.

O complexo alergênico (CBA) é encontrado na semente, pólen e partes vegetativas da planta, tendo efeito sensibilizante acentuado por repetidos contatos com o animal, podendo ser fatal em doses maiores. Normalmente determina quadros clínicos variados, com sintomas de asma brônquica e nefrite alérgica.

A torta de mamona passou a ser utilizada como fonte proteica para animais depois que a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SAMBRA), no final da década de 50, desenvolveu um processo de destoxificação (Benesi, 1979). O processo consiste em aquecer o resíduo da extração de óleo em autoclave de aço, de forma cilíndrica, horizontal, com 3,5 rotações por minuto. O material recebe vapor indireto até que a temperatura atinja 60 - 70°C. Atingida essa temperatura, o material passa a ser submetido a vapor direto, até que a pressão interna da autoclave chegue a 1kg/cm². A autoclave é, então, fechada e submetida a vapor indireto, quando a pressão chega a 2kg/cm². Deve-se, em seguida elevar a temperatura a 120 - 125°C e manter durante 30 minutos. A autoclave é esfriada, e a torta retirada.

Apesar de os processos de destoxificação já terem sido avaliados em diversos trabalhos, os maiores entraves para agregação de valor da torta de mamona na alimentação animal são: a inexistência de processos industriais de custo aceitável, a viabilidade operacional e a comprovação de eficácia na destoxificação e desalergenização, além de tecnologia para acompanhamento da segurança do produto (Severino, 2005). Os principais métodos físicos e químicos de remoção da ricina estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Tratamentos físicos para remoção da ricina.

Agente	Concentração	Tempo	Remoção (%)
Encharcamento	10L de água	3 hs	65
		6 hs	84
		12 hs	86
Extração com vapor	150g de água (passagem de vapor)	30 min	73
		60 min	85
Fervura	10 L de água (fervura a 100°C)	30 min	90
		60 min	91
Autoclave	15 psi	30 min	85
		60 min	100
Forno de ar quente	100°C	30 min	52
	120°C	25 min	50

Fonte: Adaptado de Anandan et al., 2005.

Tabela 2. Tratamentos químicos para remoção da ricina.

Agente	Concentração	Tempo	Remoção (%)
NaOH	0,18 M	8 hs	82
	0,38 M		86
	0,75 M		91
NaCl	0,25 M	8 hs	82
	0,5 M		86
	1,0 M		91
Ca(OH) ₂	10 g/Kg	8 hs	67
	20 g/Kg		68
	40 g/Kg		100
Formaldeído	5 g/kg	7 dias	39
	10 g/Kg		81
Amônia	7,5 g/Kg	7 dias	51
	12,5 g/Kg		59

Fonte: Adaptado de Anandan et al., 2005.

2. AVALIAÇÃO BROMATOLÓGICA

A composição química dos alimentos está relacionada a vários fatores como: clima, fertilidade do solo, variedade e condições de processamento. A Tabela 3 mostra a variação na composição química da torta de mamona possível de ser encontrada devido aos fatores descritos acima.

Evangelista et al. (2004) avaliaram a composição química de tortas de mamona submetidas a três processos de extração de óleo (etanol, hexano, prensagem). Para o cultivar Guarany, a porcentagem de proteína bruta (PB) foi menor no processo de prensagem (37,46%) e maior no processo com etanol (42,94); o mínimo de PB para comercialização da torta de mamona é de 37% (Associação Nacional dos Fabricantes de Ração - ANFAR, 1985, citado por Evangelista et al., 2004). O teor de extrato etéreo

(EE) foi menor nos métodos de extração com etanol (5,62%) e hexano (4,66%), sendo mais eficientes na redução do EE do que a extração por prensagem (11,05%). O fornecimento de óleo na dieta para ruminantes em níveis superiores a 7% geralmente causa um decréscimo no consumo voluntário do alimento e na digestibilidade de alguns nutrientes (Silva e Leão, 1979).

Tabela 3. Composição química da torta de mamona.

	Oliveira et al. (2006)	Costa et al. (2004)	Valadares Filho et al. (2002)	Moreira et al. (2003)	Evangelista et al. (2004)
MS (%)*	86,2	91,69	90,17	91,0	-
PB (%)	34,0	28,74	40,64	34,5	39,72
NNP (%)	30,2				
EE (%)	5,5	13,10	1,31	14,4	6,49
Cinzas (%)	10,3	12,11	7,30	6,6	6,93
FDN (%)	56,4	-	-	77,0	52,07
FDA (%)	43,3	-	48,00	38,7	37,32

* A matéria seca está em porcentagem da matéria natural. Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio não proteico (NNP), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA).

Devido à grande variação observada na composição química deste subproduto, torna-se vital a avaliação bromatológica deste alimento antes de ele ser utilizado para a alimentação animal. Somente de posse da composição química, será possível realizar o correto balanceamento da dieta objetivando-se um melhor desempenho dos animais.

Para efeito de comparação, será apresentada avaliação do balanço de aminoácidos da torta de mamona realizado por Bertolin (1978), que trabalhou com este produto em substituição ao farelo de soja na alimentação de suínos (Tabela 4).

Tabela 4. Composição percentual de aminoácidos na matéria seca de torta de mamona e farelo de soja.

Aminoácidos	Torta de mamona	Farelo de soja	Mamona em relação à soja (%)
Lisina	0,669	2,549	- 281,0
Metionina	0,633	0,663	-4,7
Cistina	0,433	0,583	-34,6
Triptofano	0,086	0,660	-667,4
Arginina	3,505	2,563	+26,9
Histidina	0,564	0,785	-39,2
Isoleucina	1,890	1,947	-3,0
Leucina	2,816	3,426	-21,7
Fenilalanina	1,775	2,005	-13,0
Treonina	1,224	1,772	-44,8
Valina	2,429	2,341	+3,6

Fonte: Adaptado de Bandeira et al. (2004).

Em comparação ao farelo de soja, a torta de mamona apresenta um teor de lisina e triptofano muito inferior. Esta característica inviabilizaria a utilização da torta de mamona na alimentação de monogástricos, porém, para ruminantes, esse alimento pode ser uma boa fonte de nutrientes, uma vez que a maior parte da proteína utilizada por estes animais vem da proteína microbiana sintetizada no rúmen.

3. UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Assis et al. (1962a) avaliaram a substituição parcial da torta de algodão por torta de mamona na alimentação de vacas Jersey e Holandesas em lactação. Em ambos os tratamentos, os animais foram mantidos em regime de duas ordenhas, em pasto com ração suplementar, em quantidade ajustada semanalmente de acordo com a produção, na base de 1kg de ração por 2kg de leite produzido. O tratamento A tinha a torta de algodão como única fonte proteica, e o tratamento B 80% de torta de algodão + 20% de torta de mamona atoxicada. As produções diárias de leite corrigidas a 4% de gordura variaram de 7,36 a 7,39kg. O consumo de ração A foi da ordem de 1kg (ração): 1,50 litro (leite), enquanto o da ração B foi de 1:1,54. Os resultados mostraram que a substituição parcial da torta de algodão por torta de mamona não alterou a produção de leite e o consumo do concentrado pelos animais. Em outro trabalho, Assis et al. (1962b) compararam o valor da torta de mamona destoxicada, torta de algodão e torta de amendoim na alimentação de vacas Guzerá em lactação. A alimentação foi constituída de duas partes: volumoso e concentrados. Como volumoso, foi utilizada, além do pasto, uma mistura de mandioca (raiz e rama) e cana picada, fornecida à vontade, com controle de oferecido e sobras. As três fontes proteicas foram administradas na base de 50g de proteína digestível por litro de leite produzido. Os resultados revelaram não ter havido diferenças significantes entre as três tortas estudadas, no que diz respeito à produção de leite, ao consumo e ao ganho de peso, fato que indica que as tortas foram igualmente eficientes quando administradas como base proteica. Não foram observados sinais de intoxicação nas vacas em nenhum dos dois trabalhos, mesmo com o alto consumo da torta de mamona.

Naufel et al. (1962) compararam a administração de tortas de mamona atoxicada, de soja e de algodão como fontes de proteína na dieta de vacas em lactação. Os animais, de vários graus de sangue, foram mantidos estabulados, recebendo feno de capim-jaraguá como alimento volumoso e concentrados equilibrados na base de proteína, sendo que a quantidade de concentrado era ajustada de acordo com a produção de leite, na base de 1kg por 2,5kg de leite produzido. Os animais eram submetidos a duas ordenhas diárias e pesagens semanais. Eles atingiram médias diárias de produção variando entre os tratamentos de 9,284 a 9,347kg. Os resultados, quanto à produção de leite, revelaram que as três fontes de proteína foram de igual eficiência, não havendo diferença significativa entre os tratamentos.

Santana et al. (1972) avaliaram a utilização de torta de mamona e ureia na dieta de vacas de descarte em confinamento. Foram utilizadas 30 vacas azebuadas, com baixo

potencial reprodutivo, pesando em média 359kg e alimentadas, por um período de 105 dias, com os seguintes tratamentos: A – controle (volumoso puro); B – volumoso + torta de mamona (1kg animal/dia) ; C – volumoso + ureia (0,4%). Como fonte de volumoso, foi utilizado capim-colonião, adubado, *ad libitum*. Os consumos de matéria seca (kg) e os ganhos de peso médios diários (kg) foram, respectivamente: A – 10,18 e 0,766; B – 10,51 e 0,871; C – 9,74 e 0,813. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para consumo de MS e ganho de peso, provavelmente pelo alto valor nutricional do volumoso e pela baixa quantidade de inclusão de torta de mamona e ureia.

Moreira et al. (2003) determinaram a degradação ruminal, pela técnica *in situ*, da MS e da PB de 10 concentrados proteicos para bovinos. Foram utilizados quatro novilhos mestiços europeu-zebu, com peso médio de 320kg. Os animais possuíam fístulas no rúmen e no duodeno. A dieta oferecida a esses animais era constituída por 60% de feno de capim-braquiária picado e 40% de concentrado composto por 45% de grão de milho moído e 55% de farelo de algodão, dividida em duas partes iguais (sete e 19 horas). Os sacos de “dacron” contendo 5g dos alimentos a serem testados eram introduzidos no rúmen às sete horas, antes do fornecimento da dieta matutina, e a retirada era em ordem sequencial, nos tempos de seis, 12, 24 e 48 horas após serem introduzidos no rúmen. As degradações potenciais da MS e da PB das farinhas de origem vegetal mostraram-se mais elevadas que as de origem animal. Para a torta de mamona, a taxa de degradação da PB foi praticamente constante nos intervalos estudados. Esse comportamento pode ser atribuído à desnaturação da proteína pela alta temperatura durante o processo de destoxicação da torta. O valor de desaparecimento da PB para este alimento foi de 91,3% até o tempo de 48 horas. A degradação potencial para a MS alcançou baixo valor, o que pode estar relacionado com a presença de cascas do envoltório de natureza rígida da semente na torta da mamona.

Bose e Wanderley (1988) avaliaram a digestibilidade e o balanço metabólico da fração nitrogenada de dietas com níveis crescentes de torta de mamona destoxicada, em substituição ao feno de alfafa, em ovinos. Os tratamentos foram isoenergéticos e isoproteicos, com as seguintes composições: A – 850g de feno de alfafa; B – 750g de feno de alfafa + 45g de torta de mamona; C – 650g de feno de alfafa + 90g de torta de mamona. Os coeficientes médios de digestibilidade da MS e proteína foram, respectivamente: A – 52,4% e 71,1%; B – 52,2% e 78,2%; C – 51,5% e 75,3%. Para MS, não houve diferença significativa entre os coeficientes médios de digestibilidade dos tratamentos; para PB, os autores concluíram que a associação da torta de mamona com feno incrementou a digestibilidade da proteína apenas no tratamento B.

Wanderley et al. (1972) avaliaram a digestibilidade aparente das proteínas da torta de mamona destoxicada em comparação ao farelo de algodão na alimentação de ovinos. O farelo de algodão e a torta de mamona foram misturados em proporções adequadas a uma ração base que era constituída de feno de capim-mandante (*Echinochloa polystachya*) e milho moído. As digestibilidades encontradas para a proteína foram de 62,49% para a torta de mamona e de 72,66% para o farelo de algodão. Os resultados

não revelaram diferença significativa entre o coeficiente de digestibilidade dos farelos em estudo, havendo diferença apenas entre esses e a ração base (controle).

Purushotham et al. (1986) trabalharam com três níveis crescentes de utilização de torta de mamona em dietas isoenergéticas e isoproteicas em ovinos. A torta de mamona foi adicionada nas seguintes proporções: T1 – 0% (controle); T2 – 10%; T3 – 20%; T4 – 30%. Como fonte volumosa, foi utilizado feno misto de gramíneas ofertado *ad libitum*. As digestibilidades da matéria seca (MS) encontradas variaram de 55,86% para o T1 a 52,79% para o T4. Assim como para a MS, os valores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta não variaram significativamente entre os tratamentos. Houve uma pequena redução no ganho de peso diário dos animais à medida que a porcentagem de torta de mamona aumentava na dieta, mas essa redução não foi significativa; os valores variaram de 53,80 g/dia para o T1 a 45,73% g/dia para o T4.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Programas governamentais têm incentivado o aumento e aperfeiçoamento da produção de mamona, o que poderá provocar um significativo aumento na oferta de torta de mamona no mercado.

Problemas como intoxicação animal pela torta já foram superados após o desenvolvimento do processo de destoxicação pela Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro.

Para vacas de média a baixa produção de leite, a torta de mamona pode ser a base proteica da ração, substituindo em iguais condições as fontes proteicas usuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANDAN, A.; KUMAR, G.K.A.; GHOSH, J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.120, p.159-168, 2005.

ASSIS, F.P.; NAUFEL, F.; ROCHA, G.L. et al. Emprego do farelo de torta de mamona atoxicada em rações para vacas leiteiras. *Bol. Ind. Anim.*, v.20, n.39, p.39-45, 1962a.

ASSIS, F.P., NAUFEL, F., TUNDISI, A.G.A. Valor do farelo de torta de mamona atoxicada na alimentação de vacas leiteiras, em comparação com farelos de tortas de algodão e de amendoim. *Bol. Ind. Anim.*, v.20, n.35, p.35-38, 1962b.

ÁVILA FILHO, S. Métodos para desintoxicação de tortas de oleaginosas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 2., 2006, Brasília, DF. Disponível em: <http://biodiesel.gov.br/>.

BANDEIRA, A.D.; CARTAXO, W.V.; SEVERINO, L.S. et al. Resíduo industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande. Disponível em: <http://algodao.cnpa.embrapa.br/>.

BENESI, F.J. Influência do farelo de mamona (*Ricinus communis* L.) destoxicado sobre o proteinograma sanguíneo e desempenho de suínos. 1979. 63f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

BERTOLIN, A. Farelo de mamona destoxicado em rações para suínos em crescimento e terminação. 1978. 60f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

BEZERRA, M.J.G., BRITO, M.F. Intoxicação experimental pelas folhas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) em ovinos e caprinos. *Pesq. Vet. Bras.*, v.15, p.111-116, 1995.

BOSE, M.L.V., WANDERLEY, R.C. Digestibilidade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de feno de alfafa em ovinos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.17, p.456-464, 1988.

COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. et al. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande, PB. Disponível em: <<http://algodao.cnpa.embrapa.br/>>.

DOBEREINER, J.; TOKARNIA, C.H.; CANELLA, C.F.C. Experimental poisoning, of cattle by the pericarp of the fruit of *Ricinus communis*. *Pesq. Vet. Bras.*, v.3, p.95-97, 1981.

EVANGELISTA, A.R.; ABREU, G.J.; PERON, A.J. et al. Avaliação da composição química de tortas de mamona e amendoim obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande, PB. Disponível em: <<http://algodao.cnpa.embrapa.br/>>.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. 2004. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>.

GONÇALVES, N.P.; KAKIDA, J.; MARCIANI-BENDEZÚ, J. et al. Cultivares de mamona. *Inf. Agropec.*, v.82, n.7, p.31-33, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2007. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>.

KOURI, J.; SANTOS, R.F.; SANTOS, J.W. Evolução da cultura da mamona no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, ENERGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2004, Campina Grande, PB. Disponível em: <http://algodao.cnpa.embrapa.br/>.

MACÊDO, M.H.G. Mamona: Análise perspectiva do mercado - Safra 2004-2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados proteicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 55, p.315-323, 2003.

NAUFEL, F.; ASSIS, F.P.; RODRIGUES, M.L. et al. Efeitos comparativos da administração de farelo de tortas de mamona atoxicada, de soja e de algodão na dieta de vacas em lactação. *Bol. Ind. Anim.*, v.20, n.47, p.47-53, 1962.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 2., 2006. Disponível em: <http://biodiesel.gov.br/>.

PURUSHOTHAM, N.P.; RAGHAVAN, G.V.; SUGUNAKAR, M. et al. Studies on the pathology of experimental feeding of castor bean meal (*Ricinus communis*) in sheep. *Indian Vet. J.*, v.62, p.116-118, 1985.

PURUSHOTHAM, N.P.; RAO, M.S.; RAGHAVAN, G.V. Utilization of castor-bean-meal in the concentrate mixture of sheep. *Indian J. Anim. Sci.*, v.56, p.1090-1093, 1986.

SANTANA, O.P.; CALDAS, G.C. Ureia e lex proteico na dieta de vacas de descarte, em confinamento. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 9, 1972, Viçosa, MG. Anais... Viçosa: UFV, 1972. p.31-32.

SEVERINO, L.S. *O que sabemos sobre a torta de mamona*. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2005, 31p. (Documento, 134).

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba, SP: Ed. Livroceres, 1979. p.149-150.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr, V.R.; CAPPELLE, E.R. *Tabela brasileira de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, MG: UFV, 2002. 297p.

WANDERLEY, R.C.; CHAVES FILHO, N.; ARAUJO, E.C. et al. Digestibilidade dos Farelos de Algodão e Mamona para Ruminantes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 9., 1972, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: SBZ, 1972. p.95-96.

CAPÍTULO 28

UREIA NA ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

*Roberto Guimarães Júnior¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira³, Thierry Ribeiro Tomich⁴*

RESUMO

Este capítulo aborda questões relacionadas ao fornecimento da ureia na alimentação de vacas leiteiras. Ao longo do texto, é discutido, em detalhes, como a ureia é metabolizada pelo animal, as formas de sua utilização na dieta, bem como resultados experimentais de desempenho de vacas alimentando-se desse composto nitrogenado não proteico. O objetivo deste capítulo é discutir as potencialidades e limitações da utilização da ureia na alimentação de vacas leiteiras.

INTRODUÇÃO

As despesas com a alimentação contribuem de forma significativa nos custos de produção da atividade leiteira. Desta forma, a utilização de alimentos alternativos que substituam fontes de proteína comumente utilizadas na alimentação de ruminantes é assunto de grande interesse para a atividade pecuária. Nesse sentido, a utilização da ureia em dietas de ruminantes apresenta grande aplicabilidade.

Descoberta por Hilaire Rouelle em 1773, a ureia só foi sintetizada artificialmente em 1828, por Friedrich Wohler (Loosli e McDonald, 1968), derrubando a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados pelos organismos vivos (teoria da força vital). A sua produção em escala industrial iniciou-se em 1870, quando Bassarow conseguiu sintetizá-la a partir do gás carbônico e da amônia, porém a sua utilização na alimentação de ruminantes só teve início em meados de 1914. Neste período, a escassez de alimentos ocasionada pela Primeira Guerra Mundial levou a Alemanha a intensificar a produção de ureia, visando reduzir os custos de produção de carne e leite.

A ureia tem sido rotineiramente utilizada como um substituto nitrogenado da proteína verdadeira em dietas de vacas leiteiras, uma vez que, comparada a outras fontes de nitrogênio, é economicamente mais barata. Assim, a sua utilização visa à redução no custo da ração, na medida em que minimiza os gastos com a suplementação proteica.

¹ Médico Veterinário, D.Sc., EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. guimaraes@cpac.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. luiz.gustavo@cnppl.embrapa.br

⁴ Médico Veterinário, DSc., EMBRAPA Pantanal, Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109, CEP 79320-900, Corumbá, MS. thierry@cpap.embrapa.br

Do ponto de vista nutricional, tem sido incorporada em dietas com o objetivo de elevar os teores de proteína degradável no rúmen (PDR) e também o teor de nitrogênio (N) de volumosos de baixa qualidade, aumentando o seu consumo e aproveitamento por ruminantes.

1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A ureia é um composto orgânico cristalino, de cor branca, solúvel em água e álcool. Quimicamente é classificada como amida e, por isso, é considerada um composto nitrogenado não proteico (NNP); a sua fórmula química é $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Embora exista uma variedade de compostos nitrogenados não proteicos (purinas, pirimidinas, aminoácidos, peptídeos etc.), a ureia não pode ser considerada proteína, porque não apresenta em sua estrutura aminoácidos reunidos por ligações peptídicas. Possui características específicas, uma vez que é deficiente em todos os minerais, não possui valor energético próprio e é rapidamente convertida em amônia no rúmen (Maynard et al., 1984).

A sua fabricação industrial é obtida pela síntese da amônia com o gás carbônico, em um reator, sob condições de elevada temperatura e pressão. A amônia, em presença de CO_2 do ar, origina o carbamato de amônia, e esse produto, sob determinada pressão e temperatura, é decomposto em ureia e água. A partir daí, ocorre o processo de purificação, pois permanecem no reator a ureia, o carbamato de amônia, água e excesso de amônia. A mistura passa através de torres separadoras de alta e baixa pressão, a vácuo, onde se obtém uma solução água-ureia. Os gases NH_3 , CO_2 e a água que saem da seção de purificação são absorvidos na seção de recuperação, retornando para o reator como solução de reciclo (Pentreath, 2005). Na Tabela 1, verifica-se a composição química da ureia brasileira. Vale ressaltar que a pequena quantidade de ferro e chumbo encontrados em sua composição não é considerada tóxica para os animais.

Tabela 1. Composição química da ureia encontrada no Brasil.

Compostos	Concentração (%)
Nitrogênio	46,4
Biureto	0,55
Água	0,25
Amônio livre	0,008
Cinzas	0,003
Ferro e chumbo	0,003

Fonte: Santos et al. (2001b).

Teoricamente, o fornecimento de 100g de ureia na dieta de um ruminante resultaria em produção de cerca de 280g de proteína bruta de origem microbiana. Isto ocorre devido à alta porcentagem de nitrogênio na composição da ureia pecuária – ureia destinada ao consumo animal – e ao emprego do fator 6,25 para cálculo do conteúdo

de proteína bruta. Este fator foi obtido partindo-se do pressuposto de que, em média, as proteínas possuem 16% de nitrogênio. Assim, a divisão de 100 por esta média (16%) resultou em 6,25. Desta maneira, a utilização deste fator multiplicando o conteúdo de nitrogênio da ureia pecuária (de 42,0 a 46,7%) resulta em valores variando de 262,5 a 291,9% em equivalente proteico.

2. METABOLISMO NOS RUMINANTES

A degradação dos compostos nitrogenados é um processo múltiplo, envolvendo solubilização, hidrólise extracelular, transporte para o interior da célula, deaminação e formação de produtos finais, como amônia, AGV, CO₂ e metano (Owens e Zinn, 1988; Russel et al., 1991). Os principais microrganismos responsáveis pela degradação dos compostos nitrogenados no rúmen são as bactérias, embora os protozoários também atuem neste processo por um mecanismo de ação diferenciado (pela ingestão de pequenas partículas alimentares e bactérias). Apesar de também desaminarem aminoácidos (AA), os protozoários não são capazes de utilizar a amônia para a síntese proteica. E em virtude da pequena taxa de passagem desses microrganismos, eles contribuem pouco para o fluxo de proteína microbiana para o intestino (Santos, 2006).

Ao chegar ao rúmen, a ureia é rapidamente desdobrada em amônia e CO₂, pela ação da uréase, uma enzima microbiana. A amônia pertence à classe de substâncias denominadas eletrólitos fracos e, em solução, suas formas ionizada (NH₄⁺) e não ionizada (NH₃) estão em equilíbrio. No entanto, as suas respectivas concentrações dependem do pH (Visek, 1968). Na Figura 1, pode-se verificar que pequenos aumentos de pH acima de 7 provocam aumentos na proporção de amônia na forma não ionizada. O pH parece ser o fator mais importante na determinação da quantidade de amônia absorvida, uma vez que a absorção do NH₃ é passiva, através das camadas lipídicas das membranas celulares, no sentido de uma concentração fisiológica menor. Portanto, quando o pH intrarruminal é reduzido, a permeabilidade da parede celular para a amônia é diminuída. Desta forma, em valores de pH ruminal entre 6,0 e 7,0, praticamente toda a amônia encontra-se na forma ionizada, uma forma pouco lipossolúvel (Abdoun et al., 2007). Embora a concentração de amônia na forma não ionizada no rúmen seja pequena (0,38 a 2,5% para valores de pH de 6,6 a 7,4, respectivamente), ela é rapidamente repostada quando sai do meio, pois o equilíbrio NH₃ + H⁺ ↔ NH₄⁺ é estabelecido com rapidez (Visek, 1984). Assim, a concentração de amônia é dependente do equilíbrio entre as taxas de produção e absorção, o qual, por sua vez, depende da concentração da sua forma não ionizada no fluido ruminal, determinada pelo pH do meio (Nolan, 1993). Uma vez que a concentração de amônia na circulação periférica é mantida a baixos níveis devido à conversão da amônia em ureia no fígado, existe um gradiente de concentração permanente que permite a absorção da amônia ruminal que excede a capacidade de utilização pelos microrganismos. Este mecanismo torna-se fundamental quando os animais são alimentados com dietas de baixo valor nutricional, favorecendo uma melhor utilização da proteína (Van Soest, 1994).

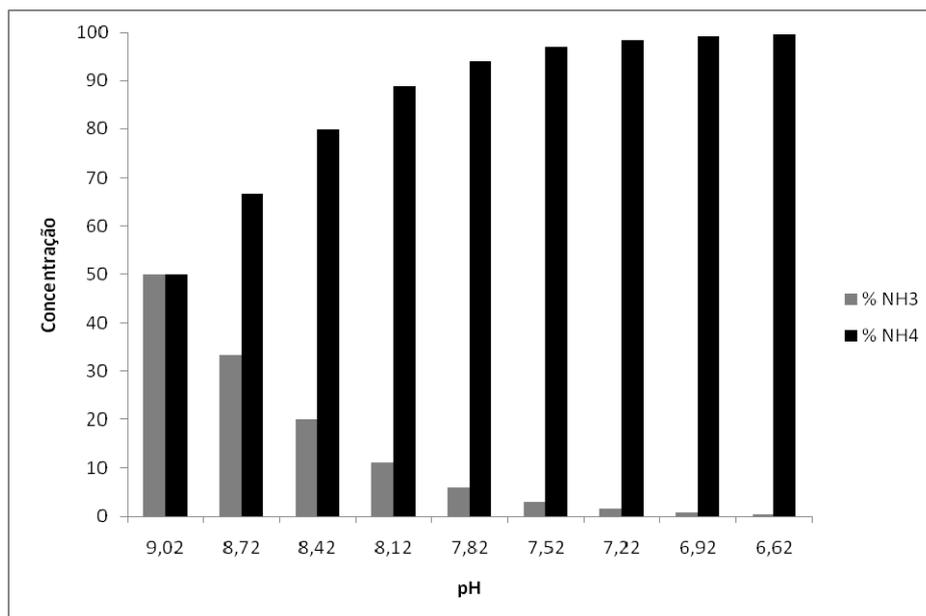


Figura 1. Relação entre o pH e as proporções entre as formas não ionizada e ionizada no plasma a 37°C (pk'a = 9,02).

Fonte: Adaptado de Visek (1968).

Os microrganismos ruminais que utilizam nitrogênio são divididos em dois grupos: aqueles que fermentam a celulose e a hemicelulose, apresentam crescimento lento e utilizam a amônia como fonte de N para síntese de proteína microbiana; e os microrganismos que fermentam amido, pectina e açúcares, crescem mais rapidamente que os anteriores e são capazes de utilizar tanto amônia quanto aminoácidos como fonte de nitrogênio, numa proporção média de 66% de aminoácidos e 34% de nitrogênio amoniacal (Russel et al., 1992). Portanto, dietas suplementadas com ureia, mas que fornecem também peptídeos e aminoácidos pré-formados, favorecem o crescimento microbiano, uma vez que todas as exigências quanto às diferentes fontes de nitrogênio para os microrganismos serão atendidas.

A fixação da amônia ruminal aos aminoácidos pelas bactérias é realizada mediante a ação de enzimas específicas, a glutamina sintetase (GS) e a glutamato desidrogenase (GDH). A concentração de GS é maior quando o nitrogênio amoniacal extracelular está baixo, enquanto a GDH não varia em sua concentração. Quando a concentração de amônia está alta, a captação de N é feita principalmente via GDH, mas, quando os níveis de amônia estão baixos, a principal enzima utilizada é a GS, uma vez que esta possui maior afinidade pelo nitrogênio amoniacal. Em contrapartida, a fixação de N por esta via metabólica envolve o gasto de um mol de ATP para cada mol de íon amônio fixado, enquanto nenhum ATP é gasto pela ação da GDH. Portanto, quando a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal está baixa, a eficiência de crescimento microbiano é reduzida, porque o ATP utilizado para crescimento é desviado para captação de nitrogênio (Owens e Zinn, 1988). A amônia fixada é transferida para os precursores de outros aminoácidos por meio de reações de transaminação. Os aminoácidos formados são, então, conjugados para formar a proteína microbiana.

Quando a produção de amônia no rúmen, seja pela degradação da ureia ou de outros compostos nitrogenados, excede a capacidade de utilização pelos microrganismos, ocorre um acúmulo desta fonte de nitrogênio no rúmen. A amônia em excesso é removida, principalmente por difusão passiva através do epitélio ruminal, e imediatamente transportada pelo sistema porta ao fígado, onde é metabolizada, pois a sua forma livre é tóxica para o animal. As moléculas de amônia são, então, utilizadas para formação de ureia, na via metabólica conhecida como ciclo da ureia. Para a formação de uma molécula de ureia, são necessárias três moléculas de ATP, implicando gasto energético pelo animal (Santos et al., 2001b). Durante este ciclo, há formação de uma molécula de fumarato, que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico e gerar duas moléculas de ATP. Sendo assim, a reciclagem da amônia tem um custo energético de um ATP por molécula de ureia formada. Esta pode retornar ao rúmen e servir novamente como fonte de N para produção de proteína microbiana ou ser eliminada pela urina. A conversão da amônia e dos aminoácidos em excesso em ureia pelo fígado representa principal via cruzada de intercâmbio de nitrogênio corporal. A quantidade de nitrogênio reciclado varia amplamente, podendo reciclar até 90% da ureia nos casos de baixas ingestões de nitrogênio pelo animal (Abdoun et al., 2007). Esse nitrogênio reciclado representa uma importante fração do fluxo total de N pelo trato digestivo. De acordo com estudos de cinética com N¹⁵ (nitrogênio marcado) em vacas leiteiras, de toda a ureia produzida pelo corpo, 43% são eliminados pela urina. No entanto, 67% retorna ao trato digestivo. Esse valor contabiliza a ureia proveniente da saliva, além do fluxo proveniente da veia porta do fígado. Quanto à sua utilização, 54% são utilizados para fins anabólicos, 38% são reabsorvidos e retornam ao ciclo da ureia e somente 0,08% é perdido nas fezes (Lapierre et al., 2004).

As etapas de degradação e utilização da ureia (NNP) no ruminante são resumidas na Figura 2.

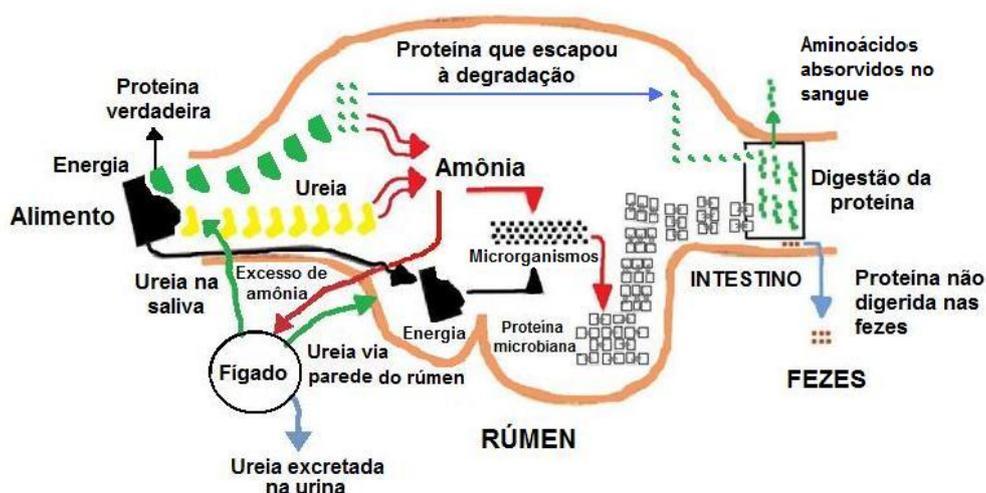


Figura 2. Metabolismo da ureia no ruminante.
Fonte: Ureia... (1997).

3. FATORES QUE INFLUENCIAM A EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS:

Diversos são os fatores que interferem na eficiência de utilização da proteína dietética e de compostos nitrogenados não proteicos pelos ruminantes. De modo geral, o crescimento microbiano ocorre até que as exigências para utilização do N disponível sejam atingidas, o que é determinado pela presença de carboidratos fermentáveis no rúmen, produção de ATP e eficiência de conversão para células microbianas.

Os principais modificadores químicos e fisiológicos da fermentação são o pH e a taxa de renovação ruminal, sendo que ambos são afetados pela dieta e outras características relacionadas, como nível de ingestão, estratégias de alimentação, qualidade e tamanho de partícula da forragem e as relações entre volumosos e concentrados.

3.1. Energia

Durante o processo de produção de proteína microbiana, ocorre a fixação do N amoniacal a uma molécula que possui carbono em sua composição, envolvendo gasto energético. Portanto, fica evidente a dependência de fontes energéticas no rúmen para que a produção de proteína microbiana seja realizada. Levando-se em consideração a elevada taxa de degradação da ureia, fontes de energia com alta degradabilidade ruminal favorecem a utilização da amônia e, conseqüentemente, diminuem as perdas de energia decorrentes da reciclagem do nitrogênio em excesso. Com base em dados de estudos *in vitro* e *in vivo*, existe um consenso geral de que a taxa de digestão dos carboidratos é o principal fator controlador da energia disponível para o crescimento microbiano, e a taxa de digestão dos carboidratos totais está diretamente relacionada às concentrações de amido, pectinas e açúcares (Hoover e Stokes, 1991).

Em animais suplementados com farelados proteicos, as maiores concentrações de amônia ocorrem, normalmente, entre três e cinco horas após a alimentação. Já em dietas com ureia, o pico na concentração de amônia é observado cerca de uma a duas horas após o fornecimento da dieta. A maior eficiência de produção de proteína microbiana em dietas suplementadas com ureia é alcançada quando as elevações na concentração de amônia estão sincronizadas com uma alta disponibilidade de energia ruminal. O NNP é degradado rapidamente, e assume-se que essa fração é 100% degradada no rúmen. Logo, proporções adequadas de carboidratos de fermentação rápida e média maximizam a utilização da ureia, o que, por sua vez, aumenta a digestibilidade da fibra da dieta, por aumento da população de microrganismos ruminais. Conseqüentemente, ocorre um aumento na taxa de passagem dos alimentos, favorecendo o consumo de matéria seca, porque o rúmen se esvazia mais rapidamente. Os diferentes carboidratos que podem estar associados a dietas com a ureia apresentam as seguintes características:

Carboidratos rapidamente fermentáveis (açúcares solúveis) – fornecem a energia inicial e são encontrados principalmente nas forragens novas e tenras. Por serem muito solúveis, são também rapidamente degradados (> 300%/h). O melaço é um exemplo de suplemento dessa natureza.

Carboidratos com fermentação intermediária (amido e pectina) – acredita-se serem os mais efetivos. O amido é encontrado em grande quantidade nas sementes de cereais, como milho e trigo. A pectina está presente, principalmente, em subprodutos da agroindústria, como polpa cítrica, polpa de maçã, polpa de beterraba e de outros tubérculos. A taxa de fermentação destes carboidratos varia de 10-50%/h.

Carboidratos lentamente fermentáveis (< 10%/h), como a fibra ou parede celular, quando presentes em grande quantidade, limitam a síntese de proteína microbiana e diminuem a utilização da ureia. Quanto mais velha a forrageira, maior a quantidade de fibra pouco utilizável. Dietas com baixos teores de carboidratos solúveis e altas concentrações de parede celular de plantas maduras (como palhas) limitam a utilização do NNP em função da baixa disponibilidade de energia e da baixa taxa de digestão dos carboidratos disponíveis. Nestes casos, a eficiência de utilização da ureia é baixa, porque o pico na produção de amônia acontece bem antes da fermentação máxima dos carboidratos fibrosos (Van Soest, 1994).

Quantidades adequadas de energia e proteína degradáveis no rúmen resultarão na obtenção da produtividade animal desejada, com menor quantidade de proteína dietética. Para tanto, uma relação entre energia e proteína degradável (PDR) no rúmen deve ser respeitada. O National Research Council - NRC (2001) adotou a exigência de PDR igual a 1,18 multiplicada pela quantidade de proteína microbiana sintetizada no rúmen, a qual é calculada como 13% dos nutrientes digestíveis totais (NDT) ou 130g de PDR por kg de NDT.

3.2. Nitrogênio e enxofre

Quanto aos níveis de amônia encontrados previamente no rúmen, Satter e Roffler (1975) estimaram que o nível ótimo para alcançar a máxima eficiência de síntese microbiana seria em torno de 5mg/dl, com uma dieta com cerca de 13,4% de proteína bruta na matéria seca. Entretanto, concentrações superiores de nitrogênio (23,5mg/dL) maximizam a fermentação ruminal, promovendo maior fermentação do substrato (Song e Kennely, 1990). De acordo com Broderick (2006), mesmo depois de muita pesquisa nos últimos 20 anos, a questão relacionada à concentração ruminal ideal de amônia exigida permanece sem resposta.

A quantidade de proteína da ração afeta a conversão de nitrogênio não proteico em proteína microbiana. Teores proteicos elevados são capazes de reduzir a utilização de amônia pelos microrganismos do rúmen. Em dietas com teores energéticos adequados e elevados em proteína degradável no rúmen, o nível máximo de proteína bruta da ração, a partir do qual a adição de nitrogênio não proteico reduz a utilização da amônia para síntese proteica, está entre 14 e 15% da matéria seca. Por esse

motivo, em dietas suplementadas com ureia, é desejável a inclusão de fontes de proteína não degradável no rúmen (PNDR) (Broderick, 2006). A inclusão dessas fontes proteicas com baixa solubilidade e baixa degradação ruminal tem a finalidade de evitar o excesso de amônia ruminal e também de fornecer a quantidade necessária de proteína metabolizável de acordo com a exigência do animal. Outro ponto a se destacar é a necessidade da presença de proteína verdadeira degradável no rúmen para que o processo de síntese de proteína microbiana seja maximizado. A existência de peptídeos e aminoácidos pré-formados no ambiente ruminal associados ao nitrogênio não proteico proveniente da dieta potencializa o metabolismo proteico ruminal, tendo em vista que as exigências para utilização de N pela microbiota ruminal serão atendidas.

A ureia não possui nenhum mineral em sua composição. Dietas com ureia devem ser suplementadas com mistura mineral de qualidade, e atenção especial deve ser dada ao enxofre, uma vez que este mineral é utilizado para síntese microbiana de aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e cistina). Normalmente, o teor de enxofre é baixo em rações com níveis elevados de nitrogênio não proteico, especialmente nas dietas com altas proporções de grãos, ou baseadas em silagens. Por isso, a suplementação com enxofre em dietas com altos níveis de nitrogênio não proteico é necessária ao bom desempenho animal. A relação ótima entre nitrogênio/enxofre para bovinos é de 10 a 15 partes de nitrogênio para uma parte de enxofre. São indicados como fonte suplementar de enxofre o sulfato de amônio, misturado na proporção de nove partes de ureia para uma de sulfato de amônio, e o sulfato de cálcio, misturado na proporção de quatro partes de ureia para uma de sulfato de cálcio (Ureia..., 1997).

4. AVALIAÇÃO DO METABOLISMO DO NITROGÊNIO

Uma ferramenta útil para avaliação do metabolismo dos compostos nitrogenados no rúmen são as dosagens de ureia no leite ou no sangue. As concentrações de ureia no leite representam, em média, 85% das encontradas no sangue (Harris Jr., 1997). Já Wittwer et al. (1993) encontraram uma correlação de 0,95 entre os valores de concentração de ureia no sangue e no leite, em amostras de um mesmo grupo de animais. Portanto, a concentração de ureia no leite, expressa como MUN – nitrogênio ureico no leite – pode ser adotada como um indicador do manejo nutricional, principalmente com relação à proteína. Em rebanhos pequenos, aconselha-se a amostragem de todos os animais, mas, quando o número de vacas é maior, uma amostragem ao acaso de 10 a 15% dos animais de cada lote de produção é suficiente. Os valores MUN devem situar entre 12 e 20mg/dl. Concentrações acima deste limite podem representar níveis excessivos de proteína na dieta, uma baixa quantidade ou qualidade de carboidratos fermentáveis no rúmen ou uma falha na sincronização na degradação destas fontes, indicando que existe uma ineficiência na suplementação proteica no rebanho.

5. FORMAS DE UTILIZAÇÃO NA DIETA E DESEMPENHO ANIMAL

A síntese microbiana fornece a maior parte da proteína utilizada pelo ruminante lactante para manutenção e produção de leite, portanto o maior objetivo da nutrição proteica deve ser maximizar a produção da proteína microbiana (Broderick, 2006). Na dieta de vacas leiteiras, a ureia é principalmente utilizada misturada ao concentrado, em volumosos ou na dieta completa.

5.1. Misturada a concentrados

Quando administrada via concentrado, a quantidade de ureia a ser fornecida pode ser facilmente controlada. Este método de fornecimento é seguro e prático, criando condições adequadas para utilização do NNP (Haddad, 1984). Na substituição de um farelo proteico, considera-se que a ureia não possui energia, devendo ser incluída na mistura pela adição de um concentrado energético. Faria (1984) demonstrou de modo prático o efeito da inclusão de diferentes níveis de ureia em um concentrado à base de milho e farelo de soja (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da adição de ureia sobre as proporções de milho e soja no concentrado.

% Ureia	Unidades percentuais de milho a serem adicionadas	Unidades percentuais de soja a serem retiradas
0,8	5,6	6,4
1,0	7,0	8,0
1,2	8,4	9,6
1,4	9,8	11,2
1,6	11,2	12,8
1,8	12,6	14,4
2,0	14,0	16,0

Fonte: Adaptado de Faria (1984).

Como exemplo, se em uma mistura composta por 70% de milho e 30% de farelo de soja, fosse escolhido incluir 1,0% de ureia, a formulação passaria a ter 77% de milho e 22% de farelo de soja. Por meio desta tabela e com base nos custos dos ingredientes, pode-se avaliar o impacto da inclusão da ureia numa mistura concentrada. No entanto, quando da inclusão da ureia, atenção deve ser dada ao balanceamento completo da dieta, de acordo com as exigências nutricionais dos animais. Holter et al. (1968) verificaram que a ureia fornecida até o nível de 2,5% em misturas de concentrados não apresentou efeitos prejudiciais significativos no consumo de alimento, em sua digestibilidade ou na produção de leite. Contudo, Wilson et al. (1975) observaram decréscimo no consumo de MS de uma ração completa contendo 2,3% de ureia (425 a 450g/dia), quando a ureia foi administrada oralmente ou por intermédio da fístula ruminal. Van Horn et al. (1968) advertem que a mistura máxima de ureia em concentrados não deve exceder 2%, mesmo considerando animais fisiologicamente adaptados a tolerar maiores quantidades, devido à possibilidade de existência de

problemas relacionados à palatabilidade. Abaixo, seguem sugestões de formulações de concentrados utilizando-se a ureia associada a diferentes alimentos.

Tabela 3. Sugestões de concentrados utilizando ureia pecuária.

Ingredientes (%)	Concentrados									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Milho, fubá	-	-	84,5	74,5	79,0	50,0	85,0	80,0	65,0	75,0
MDPS ¹	-	78,0	-	-	-	-	--	-	-	-
Soja,farelo	23,0	19,0	10,0	8,0	-	-	10,0	-	-	8,0
Algodão,farelo	-	-	-	-	15,0	10,0	-	15,0	10,0	-
Trigo,farelo	-	-	-	12,0	-	35,0	-	-	20,0	12,0
Mandioca	72,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ureia	2,0	1,0	2,0							
Calcário calcítico	2,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato bicálcio	-	-	1,0	0,5	1,0	-	-	-	-	-
Minerais	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição química (%)										
Proteína bruta	20,0	18,0	19,2	19,1	18,4	19,2	19,7	18,6	18,6	19,5
NDT ²	75,8	70,0	75,2	73,9	73,0	73,0	79,0	77,0	74,9	77,3
Cálcio	1,20	0,60	0,92	1,00	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo	0,33	0,40	0,62	0,60	0,64	0,80	0,36	0,45	0,56	0,45

¹MDPS - milho desintegrado com palha e sabugo, ²Nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite - Embrapa/CNPGL, citados por Ureia... (2000)

5.2. Misturada a volumosos

O fornecimento da ureia misturada a volumosos com baixa concentração de proteína bruta tem sido uma estratégia bastante utilizada.

5.2.1. Silagens e volumosos de baixa qualidade

Dixon (1999) relatou aumentos na degradabilidade *in situ* da matéria seca variando de 24 – 87% para 16 diferentes tipos de forrageiras, após a adição da ureia em dietas com baixa proteína. O uso de 0,5% de ureia como aditivo na silagem de milho foi capaz de aumentar o seu teor de proteína bruta em cerca de 50%, em trabalho de Rojas et al. (1980), elevar de 5,0 para 8,3, em estudo de Vilela et al. (1986), e praticamente dobrar este conteúdo, em avaliação de Gonçalves et al. (1998), conforme verificado na Tabela 4. Também na ensilagem do sorgo, a ureia tem sido adicionada com o objetivo principal de aumentar a porcentagem de proteína bruta, apesar de sua aplicação ter promovido melhor estabilização da massa ensilada após abertura, na silagem de milho (Vilela et al., 1986) e de capim-elefante (Vilela, 1989). A adição de ureia ao milho, no momento da ensilagem, pode melhorar a relação energia-proteína com reflexo positivo sobre a digestibilidade da matéria seca (Vilela et al., 1986) e sobre a digestibilidade da proteína bruta da silagem, melhorando os consumos de matéria seca e de proteína digestíveis (Gonçalves et al., 1998) e de energia bruta e digestível (Borges et al., 1998).

Tabela 4. Avaliação de silagens de milho com ou sem a adição de 0,5% de ureia.

Parâmetro	Silagem	
	Milho	Milho + ureia (0,5%)
Matéria seca - MS (%) ¹	32,7	30,3
Proteína bruta (% MS) ¹	5,0	8,3
pH ¹	3,9	4,7
Consumo de matéria seca digestível (g/Kg ^{0,75}) ²	21,40	28,77
Consumo de energia bruta (g/Kg ^{0,75}) ³	178,57	231,57
Consumo de energia digestível (g/Kg ^{0,75}) ³	97,38	138,45

Fonte: ¹Vilela et al. (1986); ²Gonçalves et al. (1998); ³Borges et al. (1998).

Palhadas de diversas culturas e fenos de gramíneas colhidos em estádios avançados de maturação apresentam baixas concentrações de nitrogênio (entre 0,6 e 0,8% na matéria seca). Tais concentrações são incapazes de satisfazer as exigências para o crescimento dos microrganismos ruminais (pelo menos 1% de nitrogênio na matéria seca). Além disso, estes materiais, assim como outros materiais fibrosos, são constituídos basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, nos quais a celulose e a hemicelulose estão aglutinadas em um arranjo incrustado por lignina, dificultando o acesso das enzimas celulolíticas do rúmen aos pontos em que ocorre a ruptura do polímero celulósico. Desta maneira, a associação desses alimentos com a ureia exerce um efeito positivo, aumentando o conteúdo de nitrogênio do volumoso e estimulando o consumo de matéria seca. De acordo com Cloete e Kritzinger (1984), Vilela (1989) e Henning et al. (1990), a ureia pode ser utilizada como fonte de amônia em um sistema de tratamento fundamentado no fato de a ureia, em contato com uma fonte de uréase em meio aquoso, ser hidrolisada, produzindo duas moléculas de amônia e uma de CO₂. Esta amônia liberada, à semelhança de outros álcalis, seria capaz de proporcionar expansão da parede celular da planta após um período de armazenamento, favorecendo a digestão, por propiciar melhor acesso das enzimas digestivas do rúmen às frações digestíveis da fibra.

A utilização da ureia pecuária com volumosos de baixa qualidade deve seguir as seguintes recomendações:

- o volumoso deve ser totalmente picado;
- observar um período de adaptação, iniciando com o fornecimento de 0,5% da mistura ureia pecuária + fonte de enxofre no volumoso, aumentando a proporção desta suplementação para 1% na segunda semana;
- para volumosos com mais de 30% de umidade, recomenda-se não ultrapassar a proporção correspondente a 5% (0,5 quilo de ureia pecuária + fonte de enxofre para cada 100 quilos de volumoso);
- adicionar a solução ao volumoso, de preferência com regador;
- evitar o acúmulo da mistura ureia pecuária + fonte de enxofre no fundo do cocho.
- as sobras não devem ser utilizadas no dia seguinte ao do preparo;
- observar período da adaptação do animal à ureia pecuária. Caso o animal deixe de receber por dois dias, o trabalho de adaptação deve ser reiniciado;

- não fornecer mistura de volumosos de baixa qualidade com ureia a animais fracos, em jejum ou famintos.

5.2.2. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é um volumoso que apresenta baixa concentração proteica, em torno de 2,74% (Valadares Filho et al., 2006) e por isso frequentemente é fornecida associada à ureia. A recomendação é de que, após um período de adaptação de dez dias usando-se 0,5% de ureia na cana picada, deve-se utilizar 1% de ureia em relação ao peso da cana picada. Além disso, deve ser adicionada uma fonte de enxofre, como o sulfato de amônio, para que se mantenha uma relação N : S de 14:1. A fórmula final é, portanto, de 0,5kg da mistura ureia + sulfato de amônio (na proporção 9 : 1, ou seja, 450g de ureia e 50g de sulfato de amônio) para 100kg de cana picada durante o período de adaptação. Em seguida, utiliza-se 1kg da mistura ureia + sulfato de amônio (na proporção 9:1, ou seja, 900g de ureia e 100g de sulfato de amônio) para 100kg de cana picada. Para aplicar a mistura ao volumoso, deve-se misturá-la em 3 a 4 litros de água e, com o auxílio de um regador, espalhá-la sobre a cana picada distribuída nos cochos. Finalmente, o material deve ser revolvido duas ou três vezes para homogeneização. Adotando-se esse procedimento, o déficit proteico fica praticamente suprido. Para alcançar as exigências de manutenção ou ganhos pouco acima da manutenção, a tecnologia cana + ureia e sulfato de amônio é suficiente para atender as necessidades nutricionais dos microrganismos do rúmen, resultando em melhor consumo e utilização de nutrientes. Rangel et al. (2005) avaliaram o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com quatro tratamentos isoproteicos que utilizaram como volumoso cana-de-açúcar adicionado de farelo de soja ou 0,4; 0,8; 1,2% de mistura ureia e sulfato de amônia (9:1). Não houve diferença para a produção de leite, que foi em torno de 20kg por animal, quando se comparou farelo de soja com a ureia nos diferentes níveis, no entanto ocorreu efeito linear crescente para o aumento dos níveis de ureia.

5.3. Misturada em suplementos minerais

Para animais de menor exigência, como em vacas no período seco, a suplementação de ureia em misturas múltiplas tem se mostrado uma opção interessante. A diferença principal entre a mistura múltipla da seca e a mistura múltipla das águas, também chamada comercialmente de “sal energético”, reside no fato de que, na maior parte da estação chuvosa, o teor de proteína das forrageiras geralmente pode ser considerado satisfatório e, por isso, a concentração de ureia é menor. O consumo da mistura múltipla de seca é bastante variável, dependendo da qualidade e da oferta de pastagem, situando-se numa faixa de 200 a 300 gramas por animal/dia. A frequência de reposição da mistura múltipla nos cochos não deve exceder três dias, já que a mistura em contato com a saliva do animal tem uma tendência a empedrar. O ganho de peso dos bovinos em pastagens suplementados com a mistura múltipla na época da seca tem variado de 100 a 300 gramas por cabeça/dia. É importante salientar que, para obter melhores resultados, é essencial a existência de uma boa oferta de pastagem (Lopes et al., 1998). A composição de fórmulas de mistura múltipla para a

época da seca e das águas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados é mostrada na Tabela 4.

Tabela 5. Composição das misturas múltiplas desenvolvidas pela Embrapa Cerrados.

Ingredientes	Época das secas	Época das águas
	Quantidade	Quantidade
Milho desintegrado (quirera grossa)	27,0kg	52,0kg
Farelo de algodão	15,0kg	-
Fonte de fósforo	16,0kg	16,0kg
Ureia pecuária	10,0kg	5,0kg
Enxofre em pó	1,3kg	1,3kg
Sulfato de zinco	600 g	600 g
Sulfato de cobre	80 g	80 g
Sulfato de cobalto	20 g	20 g
Sal comum	30,0kg	25,0kg
Total	100,0kg	100,0kg

Fonte: Lopes et al. (1998).

5.4. Misturada à dieta completa

Carmo (2001) concluiu que a substituição parcial do farelo de soja por ureia no teor de 2% da matéria seca da dieta é uma alternativa viável para vacas leiteiras no terço final (produção média de 20kg/dia) e após a lactação. Neste experimento, as dietas com ureia não afetaram o consumo de matéria seca, a produção de leite e a produção de leite corrigida para gordura, o teor e a produção de proteína e lactose do leite, a produção de sólidos totais, a concentração de nitrogênio ureico e glicose no plasma. Santos et al. (2001a), avaliando vacas no terço médio de lactação, com produção média de 32kg de leite/dia, observaram redução no consumo com a inclusão de 1% de ureia na MS da dieta em substituição ao farelo de soja. Em experimento realizado com vacas leiteiras no mesmo estágio de lactação (produção média de 30kg leite/dia), Cameron et al. (1991) suplementaram ureia na proporção de 0,75% da matéria seca da dieta. A ureia supriu 12,5% do nitrogênio total da dieta, e os animais consumiram em média de 157 a 172g de ureia por animal por dia. Os autores não verificaram diferenças significativas no consumo de MS, nas digestibilidades ruminal, pós-ruminal e no trato total da MS entre os tratamentos e obtiveram ganhos em produção de leite ($P < 0,08$) nas dietas que continham ureia. Santos et al. (2006) analisaram o efeito da inclusão de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas leiteiras do segundo ao sétimo mês de lactação, com produção média de leite no período de 22,7kg/dia. Os níveis de inclusão foram de 0, 0,75 e 1,5% de ureia na MS da dieta, cuja base volumosa era cana-de-açúcar. Nos tratamentos com 0,75 e 1,5% de ureia, o consumo médio foi, respectivamente, de 125g e 243g por dia. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo de matéria seca, produção de leite, produção de leite corrigida para gordura e composição do leite. De acordo com os autores, estes resultados sugerem que o uso de até 1,5% de ureia na matéria seca da dieta não

interfere na produtividade e composição físico-química do leite. A adição de níveis crescentes de NNP (0, 0,7; 1,4 e 2,1% de ureia, correspondentes aos teores de 2,08; 4,01; 5,76 e 8,07%) reduziu o consumo de nutrientes, porém não foi observado efeito sobre as digestibilidades da MS, matéria orgânica, fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta e carboidratos para vacas no início da lactação, produzindo em torno de 20kg de leite/dia (Silva et al., 2001). O menor consumo de MS foi atribuído aos prováveis efeitos metabólicos da ureia e/ou à pouca palatabilidade do alimento, à medida que se elevou o teor de ureia na ração. Neste experimento, a produção máxima de leite por dia, estimada por meio de equação de regressão, foi obtida com o teor de 4,79% de NNP ou 0,7% de ureia na MS total das rações.

Santos et al. (1998), em trabalho de revisão de literatura, analisaram 23 comparações, a partir de 12 trabalhos em que a ureia substituiu, de forma parcial ou total, diversos suplementos proteicos em dietas de vacas leiteiras de alta produção (30 a 40kg/leite por dia). A inclusão da ureia na matéria seca (MS) da dieta variou entre 0,4 e 1,8%. O consumo de MS não foi afetado em 17 comparações, diminuiu em quatro e aumentou em duas, enquanto a produção de leite permaneceu inalterada em 20 e diminuiu em três comparações, com a inclusão da ureia na dieta. O teor de proteína do leite não foi afetado em 17 comparações e aumentou em cinco. A produção média de leite foi de 32,7kg/dia para vacas suplementadas com ureia e de 33,3kg/dia para vacas suplementadas exclusivamente com fontes de proteína verdadeira. Estes resultados mostram viabilidade de utilização da ureia, mesmo em dietas de vacas leiteiras de alta produção.

Os resultados de experimentos avaliando diferentes níveis de inclusão de ureia em dietas de vacas em lactação são variados. Há de se ressaltar que parte dessa variabilidade pode ser atribuída aos alimentos utilizados nas formulações da dieta total, aos níveis de produção, aos estágios de lactação e aos níveis de ureia empregados. Para vacas em início de lactação, independentemente do nível de produção, parece prudente utilizar menores concentrações de ureia, em função da queda no consumo de MS verificada neste período. Nos demais estágios da lactação, consumos de ureia próximos a 200 g/animal por dia podem ser interessantes, uma vez que a vantagem ou não da inclusão da ureia na alimentação destes animais estará diretamente relacionada ao balanceamento adequado da dieta e ao custo dos insumos.

6. TOXICIDADE

O consumo de grandes quantidades de ureia, durante um período curto, pode ser fatal para animais não adaptados. A rápida liberação de amônia a partir da hidrólise da ureia contribui para uma elevação no pH. Em condições de alcalose ruminal, a absorção de amônia aumenta significativamente via parede ruminal. A amônia em excesso é convertida no fígado em ureia, no entanto, quando a capacidade de conversão do fígado chega a seu limite, as concentrações de amônia no sangue aumentam (Essig et al., 1988). A neurotoxicidade da amônia é o principal responsável

pelos sinais de intoxicação. A hiperamonemia altera as propriedades fisiológicas da barreira hematoencefálica, ocasionando um desequilíbrio dos aminoácidos no cérebro. Os aminoácidos ramificados diminuem no soro e no cérebro, enquanto os aromáticos se elevam. Como estes últimos são os precursores da maioria dos neurotransmissores, ocorre um excesso dessas substâncias no cérebro, advindo distúrbios na condução neural (Cooper e Plum, 1987). Bartley et al. (1976) observaram quadro de tetania muscular, em média, 53 minutos após a administração da dose tóxica de ureia diretamente no rúmen, via fístula, e verificaram que o pH ruminal e as concentrações de amônia no sangue estavam estreitamente correlacionados com a toxidez. Desta forma, a adaptação de ruminantes a dietas suplementadas com ureia é necessária. Durante o processo de adaptação, a retenção de nitrogênio tende a crescer após o início do fornecimento de NNP até que se atinja o equilíbrio. A adaptação à ureia correspondente aos limites máximos recomendados pode ocorrer no prazo de duas semanas, mas esse processo deve ser reiniciado, caso haja uma interrupção no fornecimento de NNP por período superior a dois dias. O estímulo do ciclo de síntese de ureia no fígado (ciclo da ureia) aumenta a conversão de amônia em ureia e parece ter papel importante durante a adaptação dos animais.

O tratamento nos casos de intoxicação pela ureia tem como objetivo reduzir o pH no ambiente ruminal e impedir a absorção excessiva da amônia liberada. Para tal finalidade, utiliza-se o fornecimento, via oral, de 4 a 6 litros de solução de ácido acético ou de vinagre a 5%. Dependendo da sintomatologia apresentada, este procedimento deve ser repetido seis horas após a primeira administração. Em situações em que estes produtos não estejam disponíveis, deve-se fornecer de 20 a 30 litros de água fria, para dificultar a absorção, bem como diluir a amônia presente no rúmen. Animais em casos mais graves de intoxicação apresentam-se prostrados, com quadros de tetania ou convulsão, e raramente respondem ao tratamento. Nestes casos, a morte pode ocorrer rapidamente. Word et al. (1969) recomendam fornecer aos animais solução de ácido acético a 5 - 10% tão logo a toxidez se manifeste, seguindo-se uma segunda ingestão duas a três horas mais tarde. Estes autores observaram também que o rápido esvaziamento do conteúdo ruminal foi eficiente em evitar a morte dos animais por intoxicação.

7. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM UREIA SOBRE A REPRODUÇÃO

Conforme já discutido, o fornecimento de ureia de forma inadequada ocasiona um excesso de nitrogênio ruminal. Dependendo das concentrações de amônia ruminal, o animal pode desenvolver um quadro de intoxicação ou representar um gasto adicional de energia para reciclagem do nitrogênio pelo ciclo da ureia.

Os prováveis efeitos negativos do excesso de nitrogênio não proteico nas dietas de vacas em lactação sobre os parâmetros reprodutivos têm sido atribuídos à redução da concentração plasmática de progesterona (Jordan e Swanson, 1979); alteração na composição iônica do fluido uterino e redução do pH intrauterino (Jordan et al., 1983; Elrod e Butler, 1993; Elrod et al., 1993); exacerbação do balanço energético negativo e

aumento da secreção endometrial de PGF2 α (Butler, 1998); presença de componentes tóxicos do metabolismo do nitrogênio (amônia ou ureia) nas secreções dos órgãos reprodutivos, comprometendo a viabilidade de espermatozoides ou ovócitos ou a sobrevivência e o desenvolvimento embrionário inicial (Garcia-Bojalil et al., 1994). Entretanto, de acordo com Vilela e Silvestre (1985), embora dietas contendo ureia tenham sido sugeridas como o principal desencadeador de menor eficiência reprodutiva em vacas, num estudo de duração de cinco anos envolvendo 85.157 lactações em 3.157 rebanhos, alterações significativas na produção de leite ou no intervalo de parições não foram observadas. Nesse estudo, em 1.442 rebanhos, as vacas não receberam ureia; em 1.715, o consumo médio de ureia foi de 80 gramas/vaca/dia e, nos rebanhos restantes, o consumo médio foi de 200 gramas/vaca/dia. Da mesma forma, Krassel (1988) e Oliveira et al. (2004), em estudos que avaliaram o desempenho reprodutivo de vacas recebendo ou não suplementação com ureia, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ureia é um composto nitrogenado não proteico que pode ser utilizado para reduzir custos com a suplementação proteica em dietas de bovinos leiteiros. A eficiência de sua utilização pelos animais depende do balanceamento adequado da dieta, de modo a permitir uma sincronização entre a disponibilidade de carboidratos fermentáveis e nitrogênio no rúmen. Além disso, atenção deve ser dada à concentração de minerais, bem como ao período de adaptação à dieta pelos animais;

Para vacas no terço médio e final de lactação, a ingestão de ureia pode chegar a valores próximos a 200g por animal por dia ou 40g para cada 100kg de peso vivo. No entanto, o nível e a inclusão de ureia na dieta deverão sempre levar em conta as exigências de proteína bruta do animal, bem como a concentração de PDR na dieta. Para animais no início de lactação, aconselha-se o fornecimento de quantidades inferiores a essa.

A adaptação à ingestão da ureia por meio do fornecimento de quantidades gradativamente crescentes é condição fundamental para se evitar intoxicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. *Anim. Health Res. Rev.*, v.7, p.43-59, 2007.

BARTLEY, E.E.; DAVIDOVICH, A.; BARR, G.W. et al. Ammonia toxicity in cattle. 1. Rumen and blood change associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.*, v.43, p.835-841, 1976.

BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Valor nutritivo de silagem de milho, adicionada de ureia e carbonato de cálcio, e do rolão de milho. Il.

Consumo e digestibilidade de energia. *Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec.*, v.50, p.317-320, 1998.

BRODERICK, G.A. Improving nitrogen utilization in the rumen of the lactating dairy cow. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 17., 2006, Gainesville, FL Gainesville: University of Florida, 2006. Disponível em: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns.html>. Acessado em jan. 2007.

BUTLER, W.R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J.Dairy Sci.*, v.81, p.2533-2539, 1998.

CAMERON, M.R.; KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L. et al. Effects os urea and starch rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *J.Anim. Sci.*, v.74, p.1321-1336, 1991.

CARMO, C.A. *Substituição do farelo de soja por ureia ou amireia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação*. 2001. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CLOETE, S.W.P.; KRITZINGER, N.M. A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 1. The effect of tempeature, moisture level and treatment period. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.14, p.55-58, 1984.

COOPER, A.J.L.; PLUM, F. Biochemistry and physiology of brain ammonia. *Physiol.*, v.67, p.440-519, 1987.

DIXON, R.M. Effects of addition of urea to a low nitrogen diet on the rumen digestion of a range of roughages. *Aust. J. Agric. Res.*, v.50, p.1091-1097, 1999.

ELROD, C.C.; BUTLER, W.R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein *J. Anim. Sci.*, v.71, p.694-701, 1993.

ELROD, C.C.; VAN AMBURG, M.; BUTLER, W.R. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.702-706, 1993.

ESSIG, H.W.; HUNTINGTON, G.B.; EMERICK, R.J. et al. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. p.468-492.

FARIA, V.P. *Modalidade de utilização de ureia para bovinos*. Piracicaba, SP: ESALQ, 1984. 21p.

GARCIA-BOJALIL, C.M.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. et al. Protein intake and development of ovarian follicles and embryos of superovulated nonlactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2537-2548, 1994.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo da silagem de milho adicionada de ureia e carbonato de cálcio e do rolão de milho. I - Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e a da proteína bruta e balanço de nitrogênio. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, p.309-315, 1998.

HADDAD, C.M. Ureia em suplementos alimentares. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. UREIA PARA RUMINANTES, 2., 1984, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1984. p.119-141.

HARRIS Jr, B. Usando os valores de nitrogênio ureico no leite (MUN) e nitrogênio ureico sanguíneo (BUN). *Infomilk*, v.1, p.1-4-, 1997.

HENNING, J.C.; DOUGHERTY, C.T.; O'LEARY, J.O. et al. Urea for preservation of moist hay. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.31, p.193-204, 1990.

HOLTER, J.B., COLOVOS, N.F., DAVIS, H.A. et al. Urea for lactating dairy cattle. III. Nutritive value of rations of corn silage plus concentrate containing various levels of urea. *J. Dairy Sci.*, v.51, p.1243-1248, 1968.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3630-3644, 1991.

JORDAN, E.R.; CHAPMAN, T.E.; HOLTAN, D.W. et al. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.1854-1862, 1983.

JORDAN, E.R.; SWANSON, L.V. Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.58-63, 1979.

KRASSEL, A.J. *Desempenho reprodutivo de vacas Holandês-Zebu recebendo suplemento com ureia*. 1988. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

LAPIERRE, H.; OUELLET, D.R.; BERTHIAUME, R. et al. Effect of urea supplementation on urea kinetics and splanchnic flux of amino acids in dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.*, v.13, suppl. 1, p.319-322, 2004.

LOOSLI, J.K.; McDONALD, I.W. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. Roma: FAO, 1968. 94p. (FAO Agricultural Studies, 73). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/004/AC149E/AC149E00.HTM> . Acessado em: nov. 2006.

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; NUNES, I.J. et al. *Suplementação de baixo custo para bovinos: Mineral e alimentar*. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1998. 107p.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. et al. *Animal nutrition*. 3.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, F.M.; FRANCE, F. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Wallingford, UK: CAB International, 1993. p.123-145.

OLIVEIRA, M.M.N.F.; TORRES, C.A.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas leiteiras no pós-parto: desempenho produtivo e reprodutivo. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.2266-2273, 2004.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. p.227-249.

PENTREATH, M. *Uso da ureia agrícola ou pecuária como fonte de nitrogênio para ruminantes*. 2005. 111f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

RANGEL, A.H.N.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar corrigida com farelo de soja e diferentes níveis de ureia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM

ROJAS, S.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PIZARRO, E.A. Efeito da ureia e do carbonato de cálcio na fermentação da silagem de milho. *Arq. Esc. Vet. UFMG*, v.32, p.407-414, 1980.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A Net Carbohydrate and Protein System for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3551-3561, 1992.

RUSSEL, J.B.; ONODERA, R.; HINO, T. Ruminal protein fermentation: News perspectives on previous contradictions. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York: Academic Press, 1991. p.681-697.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Fundep, 2006. p.255-286.

SANTOS, F.A.P.; JUCHEM, S.O.; IMAIZUMI, H. et al. Suplementação de fontes de proteína e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Piracicaba, 2001. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001a. CD-ROM.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rúmen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. *Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2, 2001, Lavras, MG. Lavras, MG:UFLA, 2001b. p.199-228.

SANTOS, M.V.; AQUINO, A.A.; REAL, Y.L.V. et al. Efeito de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas em lactação, sobre o consumo, produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. *Anais...*João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.58, p.1219-1237, 1975.

SILVA, R.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Ureia para vacas em lactação. 1.Consumo, diestabilidade, produção e composição de leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1639-1649, 2001.

SONG, M.K.; KENNELLY, J.J. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.1110-1120, 1990.

UREIA pecuária: Informações técnicas. Camaçari, BA: Petrobrás, 2000. 24p.

UREIA pecuária: Informações técnicas. Juiz de Fora, MG: Embrapa/CNPGL, 1997. 15p.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0. Viçosa, MG: UFV, 2006. 329p.

VAN HORN, H.F.; FOREMAN, CF.; RODRIGUEZ, J.E. Effect of high supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.50, p.709-714, 1968.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, D. *Avaliação nutricional da silagem de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schum) submetido a emurchecimento e adição de ureia na ensilagem*. 1989. 186f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VILELA, D.; MELLO, R.P.; VILLAÇA, H.A. et al. Efeito da cama de aviário e da ureia na ensilagem do milho sobre o desempenho de vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.15, p.57-68, 1986.

VILELA, H.; SILVESTRE, J.R.A.S. *Ureia: Informe técnico*. Brasília: EMBRATER/EMATER-MG, 1985. 57p.

WISEK, W.J. Ammonia: Its effects on biological systems. Metabolic hormones and reproduction. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.481-498, 1984.

WISEK, W.J. Some aspects of ammonia toxicity in animal cells *J. Dairy Sci.*, v.51, p.286-295, 1968.

WILSON, G.; MARTZ, F.A.; CAMPBELL, J.R. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.41, p.1431-1437, 1975.

WITTEWER, F.; REYES, J.M.; OPITZ, H. et al. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. *Arch. Med. Vet.*, v.25, p.165-172, 1993.

WORD, J.D.; MARTIN, D.L. WILLIAMS, E.I. et al. Urea toxicity studies in the bovine. *J. Anim. Sci.*, v.29, p.786-791, 1969.

CAPÍTULO 29

TANINOS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

*Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho¹, Lúcio Carlos Gonçalves², Rogério Martins Maurício³,
Diego Soares Gonçalves Cruz⁴, Matheus Anchieta Ramirez⁵*

RESUMO

Neste capítulo, serão apresentadas algumas considerações sobre a presença dos taninos nos vegetais, as principais metodologias para quantificação dos compostos fenólicos e os efeitos dos taninos sobre o consumo alimentar, a digestibilidade, o metabolismo ruminal e o desempenho animal na nutrição de ruminantes.

INTRODUÇÃO

O termo tanino origina-se da expressão “tanning”, que significa curtir a pele dos animais, transformando-a em couro. Os taninos são representados por um grupo de compostos fenólicos de alto peso molecular, que apresentam a habilidade de formar ligações efetivas com proteínas e outras moléculas, sendo resultantes do metabolismo secundário das plantas, ou seja, não necessários ao crescimento e reprodução destas. Estes compostos são divididos em duas classes: taninos hidrolisáveis (TH) e taninos condensados (TC), sendo que, nas espécies forrageiras, são encontrados principalmente taninos condensados (Van Soest, 1994).

As principais características dessa classe de compostos são: a massa molecular (que pode variar entre 0,5 e 30 KDa); a solubilidade em água (observada exceto no caso daqueles com elevado peso molecular); a habilidade de ligar-se a proteínas e formar complexos (na maioria das vezes insolúveis); e a capacidade de combinação com celulose e pectina para formar complexos insolúveis (Mueller-Harvey e Reed, 1992).

Os taninos foram divididos em dois grupos com base na estrutura molecular: os taninos hidrolisáveis e as proantocianidinas, originalmente chamadas de taninos condensados (Bhat et al., 1998). Os taninos hidrolisáveis são poliésteres de ácido gálico e diferentes carboidratos. A molécula com um poli-ol, em geral glicose, compõe o núcleo central, cujos radicais hidroxil podem estar parcial ou totalmente esterificados com radicais galoi. Esses taninos são hidrolisados por ácidos, bases e enzimas (ex.: tanase) em suas unidades formadoras, sendo divididos em galotaninos e elagitaninos.

¹ Médico Veterinário, MSc., doutorando em Zootecnia, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena. wellyngton.vilela@ifsudestemg.edu.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Prof. Universidade Federal de São João Del Rei, Dep. De Engenharia de Biosistemas, Praça D. Helvécio, 74, Bairro Dom Boscop. CEP 36301-160, São João Del Rei, MG. rogeriomaucio@ufsj.edu.br

⁴ Graduando em Medicina Veterinária, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. diego.soares@hotmail.com

⁵ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, matheusarta@yahoo.com.br

Nos galotaninos, os grupos fenólicos que esterificam o núcleo glicosídico são constituídos pelo ácido gálico (ou radical galoil), ou pelo ácido digálico, estando as duas unidades galoil unidas por ligação depsídica. As moléculas são usualmente compostas pelo núcleo de glicose e 6 a 9 grupos galoil. Apresentam massas moleculares em torno de 3 KDa. Há grande abundância de ésteres de glicose mono ou di-galoil na natureza, que não são considerados taninos. É necessário que pelo menos 3 grupos hidroxil da molécula de glicose estejam esterificados para exibir a capacidade de se ligar e precipitar proteínas para serem considerados taninos. O mais comum dos galotaninos é o ácido tânico, obtido a partir de galhas de *Rhus semialata*. Nos elagitaninos, os grupos fenólicos utilizados são moléculas de ácido hexahidroxidifênico que podem se desidratar espontaneamente para formar sua dilactona estável, o ácido elágico. Os elagitaninos apresentam massa molecular entre 2 e 5 KDa (Cannas, 2002, citado por Pinto et al., 2005).

As proantocianidinas são mais vastamente distribuídas no reino vegetal que os taninos hidrolisáveis. Ainda são chamadas de taninos condensados devido a sua estrutura química compacta. Contudo, o termo pode ser potencialmente confuso, pois são os taninos hidrolisáveis que sofrem reações de condensação durante sua síntese. As proantocianidinas resultam do acoplamento de uma unidade flavonil eletrofílica, gerada a partir de um flavan-4-ol ou de um flavan-3,4-diol, uma unidade flavanil nucleofílica. Desta forma, são oligômeros ou polímeros de unidades flavonoides, como a catequina, unidas por ligações covalentes entre dois átomos de carbono não susceptíveis à clivagem por hidrólise. Ao contrário dos taninos hidrolisáveis, proantocianidinas não contêm resíduos de carboidratos. Contêm de duas a 50 ou mais unidades flavonoides, podendo atingir massas moleculares superiores a 20 KDa. As proantocianidinas apresentam grande variedade estrutural devido ao número de grupos hidroxilas presentes em cada unidade, à estereoquímica dos três centros quirais do anel B, à localização das ligações interflavona e (em menor proporção) a possíveis derivatizações como O-metilalação ou C-e O-glicosilações (Bruyne et al., 1999).

Estão presentes nas folhas, lenho, flores, frutos e sementes de quase todos os gêneros vegetais, trazendo alguns benefícios agrônômicos, como: resistência ao ataque de pássaros, herbívoros e insetos; efeito fungicida; podendo ainda participar na inibição da germinação de grãos antes da colheita de alguns cereais (Rodrigues, 1991). Na nutrição dos ruminantes, estão presentes em algumas forrageiras; cereais, como o trigo vermelho, a cevada e o sorgo (na forma de grão ou forragem); ramagens de árvores (Marinho, 1984); leguminosas em geral; alguns subprodutos agroindustriais, como bagaço de tomate e subprodutos da uva (Van Soest, 1994); e o farelo de algodão, que pode ter níveis altos de taninos condensados devido à inclusão de cascas (Yu et al., 1995). A complexação entre taninos e proteínas é a base para suas propriedades como fator de controle de insetos, fungos e bactérias. A presença de taninos no sorgo está relacionada a uma série de vantagens agrônômicas, como maior proteção contra ataques de pássaros, maior resistência aos fungos causadores de podridão, redução na germinação de grãos na panícula e maior resistência aos insetos (Van Soest, 1994).

Para um melhor entendimento do efeito dos taninos condensados na nutrição dos ruminantes, é importante que se conheça a definição de tanino livre e tanino ligado (insolúvel). Tanino livre é definido como os taninos condensados, não precipitados por centrifugação ultrarrápida de macerados de planta fresca. Representam os taninos condensados que excederam a capacidade de ligação com as proteínas das plantas, apresentando-se solúveis em água e livres para reagirem e formarem complexos com proteínas da parede intestinal e enzimas bacterianas. Já os taninos ligados com as proteínas das plantas formam compostos insolúveis, fazendo com que estes não estejam disponíveis para reagirem com as biomoléculas (Barry e Manley, 1986).

1. ALGUMAS METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DE TANINO

O entendimento dos princípios fundamentais da análise de taninos possibilita aos pesquisadores selecionarem um método apropriado a partir de um pequeno grupo de métodos já estabelecidos (Hagerman e Butler, 1989). Os métodos mais comuns para determinar a presença de taninos no sorgo são baseados em técnicas colorimétricas, apropriadas para quantificar e determinar a natureza química dos taninos e métodos biológicos que utilizam a propriedade dos taninos de se associar e precipitar proteínas, determinando sua atividade biológica nas amostras (Hagerman e Butler, 1989).

Os métodos colorimétricos podem ser divididos em dois grupos básicos. Aqueles em que as reações ocorrem com grupos fenólicos gerais, envolvendo as reações de oxirredução ou formação de complexos com íons metálicos, e aqueles em que as reações ocorrem com um grupo funcional específico, relacionado à estrutura particular dos taninos. Métodos colorimétricos de oxirredução como o Folin-Denis ou Azul da Prússia são usados para se determinar fenóis totais. Portanto, esses métodos não discriminam taninos de outros fenóis e outros materiais facilmente oxidados como o ácido ascórbico. O método do Azul da Prússia é o método sugerido para a análise de fenóis totais devido à menor interferência de proteínas em relação ao método Folin-Denis (Hagerman e Butler, 1989).

Métodos baseados na formação de complexos fenol-íon metálico são mais específicos que os métodos de oxirredução porque as proteínas não reagem, embora os fenóis não taninos sejam detectados (Hagerman e Butler, 1989).

Os métodos de grupos funcionais detectam e quantificam estruturas moleculares específicas. O método butanol-HCL, como exemplo, é específico para proantocianidinas (taninos condensados). É considerado o melhor método para a determinação seletiva de taninos condensados (TC). Neste método, as subunidades flavonoides dos polímeros de TC são clivadas por reações oxidativas, produzindo antocianidinas. Como a produção de cor é dependente dos solventes, os padrões devem ser dissolvidos nos solventes usados nas análises finais (Hagerman e Butler, 1989). O método Butanol-HCL pode ser também usado para detectar leucoantocianidinas (flavan-3,4 diols, flavan-4 ols) (Watterson e Butler, 1983).

O método vanilina-HCL (Price et al., 1979) é específico para flavanóis e, portanto, pode ser usado para determinar seletivamente taninos condensados na presença de taninos hidrolisáveis e outros fenóis. Flavanóis, como as catequinas e as epicatequinas, amplamente distribuídas, podem ser detectados neste método e podem comprometer os resultados, a menos que um método independente seja usado para confirmação. A correção para a cor do “branco” é essencial para este método. Price et al. (1979), em uma avaliação do método vanilina-HCL, demonstraram que o uso de catequina como padrão superestima o conteúdo de tanino em sorgo, isto porque as diferentes concentrações de catequina não originaram uma curva padrão de comportamento linear para realização da leitura de taninos.

Todos os métodos colorimétricos possuem o problema analítico da falta de padrões adequados, limitando sua utilidade para a análise de taninos. Os padrões mais comumente usados são o ácido tânico, catequina e quebracho. Diferentes curvas de calibração são obtidas quando se usam taninos de extratos de plantas em relação a curvas obtidas por estes padrões. Esta diferença pode levar a super ou subestimação do conteúdo de polifenóis e é provavelmente a principal causa para a grande variação de concentrações de tanino na literatura. Os métodos baseados na precipitação de proteínas são geralmente citados como sendo mais realistas para estimar o teor de tanino nos vegetais devido ao fato de estarem diretamente relacionados aos efeitos biológicos causados pelos taninos (Hagerman, 1987; Reed, 1985). Os métodos de precipitação de proteínas podem ser usados tanto para determinar a quantidade de taninos em uma amostra quanto para determinar a atividade biológica dos taninos (Hagerman e Butler, 1989). Esses métodos são altamente relacionados com o valor nutritivo do grão de sorgo (Hahn et al., 1984). A capacidade do tanino de formar complexos insolúveis com as proteínas é dependente de vários fatores, como: tanino usado (peso, molécula, heterogeneidade da estrutura), proteína (grau de glicolização, composição de aminoácidos e peso molecular), e de condições de reação, como pH, temperatura, tempo de reação (concentração relativa dos reagentes). A complexidade da reação entre taninos e proteínas faz com que os resultados de métodos de ligação só possam ser comparados com resultados obtidos sobre condições idênticas (Hagerman e Butler, 1989).

O método de difusão radial (Hagerman, 1987) é um método simples para se determinar complexos insolúveis de tanino-proteínas. A quantidade de complexos precipitados é proporcional à quantidade de tanino na amostra. Tanto os taninos condensados quanto os taninos hidrolisáveis podem ser determinados. Este método é particularmente adequado para um grande número de amostras ou em condições limitadas de infraestrutura laboratorial (Hagerman e Butler, 1989).

A quantidade de proteína precipitada pelas amostras contendo taninos pode ser usada para se estimar a atividade biológica dos taninos (Robbins et al., 1987). As proteínas precipitadas pelos taninos podem ser medidas radioquimicamente ou colorimetricamente (Bate-Smith, 1973). Os métodos radioquímicos são os mais sensíveis e menos susceptíveis a interferências, mas necessitam de aparelhagem sofisticada (Hagerman e Butler, 1989). Os métodos de precipitação de proteínas

fornecem uma indicação útil sobre a habilidade dos polifenóis das plantas de se complexarem com a proteína, mas são provavelmente menos eficientes para a quantificação em relação aos procedimentos calorimétricos (Reed, 1985).

Métodos gravimétricos – São baseados a partir do peso do extrato de tanino antes e depois da remoção dos taninos por tratamento com polivinilpiridona (PVPP) insolúvel, a qual se liga ao tanino. Posteriormente se remove o “complexo tanino – PVPP por centrifugação (Makkar et al., 1993).

Bioteste para taninos – Os reagentes polivinilpiridona e polietilenoglicol (PEG) ligam-se aos taninos e fazem com que eles fiquem inertes. Essa propriedade tem sido explorada pelo método *in vitro* de produção de gases para quantificar os efeitos dos taninos na fermentação ruminal. Os fatores que levaram à alta produção de gases na presença de PEG 6000 foram devido à redução das atividades negativas dos taninos sobre a digestibilidade do substrato testado (Makkar et al., 1998).

2. TANINOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Os efeitos da presença destas substâncias em dietas dos ruminantes, na maioria das vezes, são negativos, observando-se a diminuição na palatabilidade, digestibilidade da proteína e taxas de ganho de peso. Entretanto, Barry e McNabb (1999) demonstraram alguns efeitos benéficos, como a prevenção de timpanismo, a diminuição da degradabilidade da proteína no rúmen com aumento do fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino delgado e até mesmo o auxílio no controle de endoparasitas.

2.1. Efeito no consumo alimentar de ruminantes

Altos níveis de taninos podem reduzir o consumo de alimentos a partir da depressão de consumo, que pode ser devido à baixa palatabilidade (Burns e Cope, 1974), interferindo na digestão da matéria seca no rúmen, reagindo com células da mucosa intestinal e reduzindo a permeabilidade da parede intestinal (Mitjavila et al., 1977).

Os taninos presentes em tecidos vegetais podem precipitar proteínas salivares, causando adstringência ao paladar, afetando a palatabilidade. Becker e Martin (1982), avaliando a capacidade de precipitação proteica pelos taninos em folhas de *Shorea sp.*, relataram que a capacidade de precipitação proteica em extratos de folhas jovens foi mais elevada que das folhas velhas.

Panda et al. (1983), avaliando o efeito do tanino presente em folhas de *Ficus religiosa* e de *Eugenia jambolana*, realizaram dois ensaios de digestibilidade, utilizando cinco caprinos com cerca de seis meses de idade da raça Black Bengal. Foi verificado que o consumo voluntário diário de alimento por caprinos com 100kg de peso corporal foi de 5,19kg com folhas de pipa (*Ficus religiosa*) contendo 0,7% de taninos, enquanto foi de 0,81kg com folhas de jamun (*Eugenia jambolana*) contendo 6,5% de taninos.

Landau et al. (2000) avaliaram o efeito da adição de quebracho de *Aspidosperma quebracho* como fonte de taninos condensados na dieta de novilhas Holandesas sobre o consumo e o comportamento alimentar. Os autores verificaram que não houve nenhuma alteração no consumo de matéria natural (Kg/dia) quando as novilhas receberam até 500g de quebracho por dia, porém níveis mais altos reduziram o consumo, sendo que houve uma redução de 33% (12 para 8Kg) quando 1Kg de quebracho foi incluído na dieta (Figura 1). Segundo os autores, a redução do consumo pode estar relacionada à adstringência associada à intensa salivacão observada quando as novilhas recebiam quebracho na dieta, pois os taninos condensados presentes no quebracho podem interagir com proteínas salivares, sendo um dos fatores que pode reduzir a palatabilidade. Já a redução da atividade microbiana após a ingestão de taninos, a qual resulta em redução da digestibilidade, pode ocorrer apenas depois da diluição e mistura da dieta no fluido ruminal.

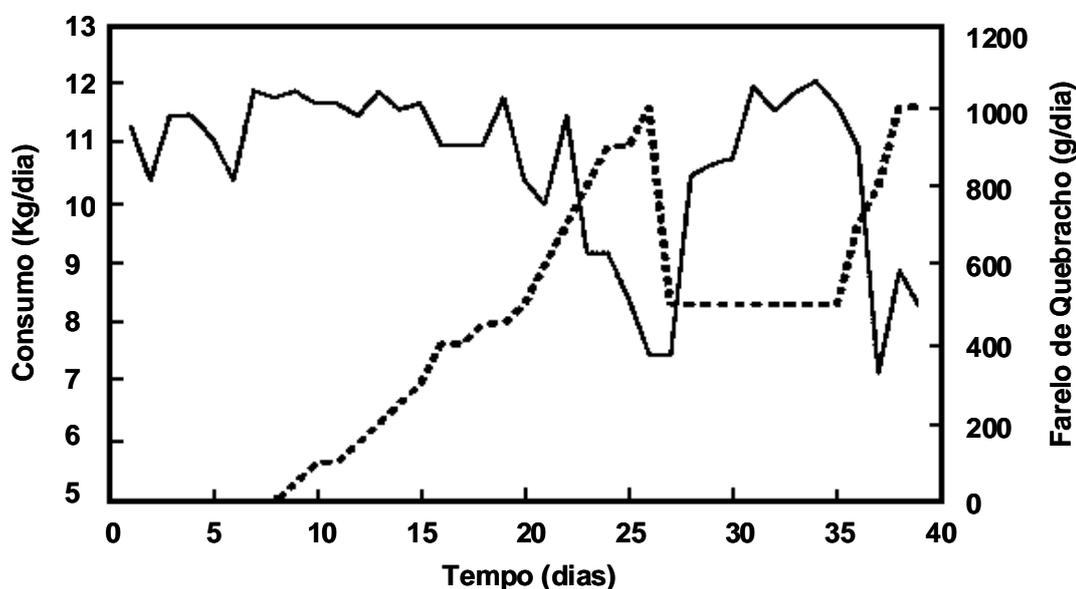


Figura 1. Efeito da suplementação de quebracho (- - -) sobre o consumo diário de matéria natural (___) em novilhas Holandesas.

Fonte: Landau et al. (2000).

2.2. Influência do tanino na digestibilidade

Os taninos contidos em folhas de árvores interagem com a proteína da dieta para formar complexos tanino-proteína indigestíveis e inativam enzimas digestivas (Kumar e Singh, 1984), mostrando que a baixa digestibilidade da proteína bruta das folhas tem sido atribuída à presença de alta quantidade de taninos (Lohan et al., 1980).

O desaparecimento *in vitro* da matéria seca em folhas de árvores tem sido encontrado em declínio com o aumento da concentração de taninos (Waterman et al., 1980). Taninos podem reduzir a digestibilidade da matéria seca por causar efeitos

bactericidas e bacteriostáticos na microbiota ruminal (Henis et al., 1964). Chiquette et al. (1988) mostraram, por meio da microscopia eletrônica, que as bactérias ruminais formaram múltiplas microcolônias de aderência em folhas com altos teores de taninos, mas essas colônias não penetraram nos tecidos vegetais com tanta efetividade quanto as bactérias associadas com baixas concentrações de taninos. Reed (1985) observou que os taninos condensados afetaram a degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) de 10 espécies arbustivas do leste africano utilizadas em dietas de caprinos e camelos.

Guimarães-Beelen et al. (2006) avaliaram o crescimento da população, a atividade *in vitro* da enzima 1,4- β -endoglucanase e a taxa de digestão de celulose em culturas de *Ruminococcus flavefaciens* FD1 na presença de 50, 100, 200 e 400 μ g/ml de taninos purificados das leguminosas jurema-preta (*Mimosa hostilis*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e mororó (*Bauhinia cheilantha*), verificando que o crescimento bacteriano, a atividade da endoglucanase e a digestão de celulose foram fortemente inibidos pela presença dos taninos condensados purificados das três espécies, entretanto a intensidade da inibição foi variável em função da espécie da leguminosa e da concentração de taninos.

Pereira Filho et al. (2005) analisaram a correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) tratada com hidróxido de sódio em ovinos, e observaram que o aumento de 1% no teor de tanino proporcionou redução linear ($p < 0,05$) de 2,48% na degradabilidade da matéria seca e de 4,15% na degradabilidade da proteína bruta (DPB) do feno da jurema-preta, com a DPB sendo mais intensamente afetada pelo teor de tanino.

Silva et al. (2006) avaliaram o perfil e a quantidade das populações de protozoários ciliados do rúmen de três vacas mestiças Holandês x Zebu não lactantes, recebendo dietas ricas em taninos, sendo que cada vaca recebeu uma das dietas apresentadas a seguir: 100% de capim-napier (*Pennisetum purpureum*) picado (Tratamento 1, controle); 50% de capim-napier picado + 50% de ramos novos de angico-vermelho (*Anadenanthera* sp), base matéria natural (Tratamento 2); e 50% de capim-napier picado + 50% de parte aérea de bananeira, base matéria natural (Tratamento 3). A adição de ramos de angico e da parte aérea de bananeira foi decidida visando ao enriquecimento de populações mais numerosas de microrganismos autóctones, tolerantes aos taninos. Na última semana da fase pré-experimental, quando as três vacas estavam recebendo dieta baseada em 100% de capim-napier, foi realizada amostragem dos conteúdos ruminais. O período experimental teve duração de 21 dias, sendo realizada uma amostragem por semana, no total de três após 14 dias de adaptação dos animais a cada dieta. Os autores verificaram uma acentuada redução no número total e na variedade de gêneros de protozoários ciliados do rúmen das vacas alimentadas com as dietas ricas em taninos (Tratamentos 2 e 3), podendo interferir negativamente na digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Pires (2007), comparando quatro tipos de sorgo, sendo duas linhagens isogênicas de sorgo granífero (CMS-XS 114 com tanino e CMS-XS 165 sem tanino) e dois híbridos de sorgo (BR-700 duplo propósito com tanino e BR-601 forrageiro sem tanino) em um ensaio de digestibilidade aparente com ovinos, verificou que a presença do tanino pode ter sido responsável pelos menores valores de digestibilidade da matéria seca obtidos para a linhagem CMS-XS 114 em relação à linhagem CMS-XS 165, sendo de 64,94 e 72,67%, respectivamente, durante sete dias de coleta. Já ao avaliar a cinética de fermentação ruminal e a degradabilidade da matéria seca das silagens desses genótipos de sorgo pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, utilizando inóculos de ovinos, encontrou uma produção acumulativa de gases e degradabilidade da matéria seca às 96 horas de fermentação maior para o genótipo sem tanino (CMSXS 165), indicando que os taninos podem interferir negativamente nos parâmetros avaliados.

2.3. Efeito no metabolismo ruminal

Lohan et al. (1981), trabalhando com fluido ruminal extraído de um bovino fistulado, observaram que a adição de extratos aquosos de folhas de carvalho (*Quercus incana*) inibiu a atividade ureática do fluido ruminal e deprimiu a síntese proteica no rúmen, devido à alta concentração de taninos presentes nas folhas de carvalho. Makkar et al. (1988), analisando a atividade enzimática microbiana em rúmen de bovinos, com três dietas à base de *Quercus incana*, contendo alto e baixo teores de taninos, e sem adição de taninos, relataram que os taninos das folhas de carvalho reduziram as atividades da uréase, carboximetilcelulases, glutamato desidrogenase e alanina amino transferase, e aumentaram as atividades da glutamato amônia ligase no rúmen. Nath et al. (1969), avaliando consumo e digestibilidade aparente em nove carneiros com oito meses de idade, recebendo uma dieta à base de folhas de *Zizyphus nummularia*, observaram baixa digestibilidade aparente da proteína bruta. Segundo os autores, essa redução na digestibilidade proteica pode ser provavelmente devido à inibição da degradação proteica e da síntese de proteína bacteriana no rúmen ocasionada pelos níveis de taninos presentes nas folhas de pala (*Z. nummularia*).

2.4. Efeitos dos taninos no desempenho animal

Barry (1985), avaliando o papel de taninos condensados sobre o valor nutricional em ovinos alimentados com *Lotus pedunculatus* na presença e ausência de polietilenoglicol (PEG – agente que possui a capacidade de se ligar aos taninos condensados), observou que o grupo que recebeu PEG conseguiu maiores ganhos de peso e crescimento de lã em relação ao grupo-controle (sem PEG).

Cabral Filho (2004), avaliando oito híbridos de sorgo em quatro idades de corte diferentes (30, 60, 90, 120 dias), sendo que aos 120 dias foram colhidos os grãos separadamente, utilizou o teste do bioensaio com polietilenoglicol (PEG) para a quantificação de taninos a partir do acréscimo na produção de gases e verificou que o uso do PEG foi eficiente apenas no tratamento com grãos. Esse mesmo autor, analisando o efeito de três cultivares de sorgo com diferentes concentrações de

taninos condensados em dietas com alta proporção de concentrado para ovinos, não encontrou diferenças no consumo; a presença dos taninos condensados no sorgo interferiu na retenção de nitrogênio dos ovinos, e não foi notada a inibição do fornecimento de proteína microbiana para o duodeno dos animais.

Shinde et al. (2004), trabalhando com o efeito da adição do polietilenoglicol (PEG) no consumo, a fermentação ruminal e o crescimento de cabritos alimentados com folhas de *Prosopis cineraria*, verificaram que os cabritos que receberam dieta com PEG apresentaram maiores concentrações de nitrogênio amoniacal e de ácidos graxos voláteis no conteúdo ruminal e maior ganho de peso em relação à dieta sem PEG, indicando a possibilidade de o PEG aumentar a disponibilidade proteica em dietas com alto teor de tanino à base de *Prosopis cineraria*.

Os taninos em alimentos podem ser inativados pelo polietilenoglicol – 4000 (PEG – 4000), o qual se liga aos taninos mais fortemente do que as proteínas (Jones, 1965). Kumar e Patnayak (1986) mostraram que taninos hidrolisáveis e taninos condensados em *Robinia pseudoacacia* e *Prosopis cineraria* foram precipitados pelo PEG – 4000 sobre uma faixa ampla de pH (2,0 – 7,4). Jones e Mangan (1977) observaram que a adição de PEG em uma fração do complexo proteína-tanino da folha resultou na liberação da proteína do complexo devido à reação de troca entre o PEG e a proteína no complexo. Essa reação de troca pode ocorrer devido à maior propriedade de força hidrofóbica do PEG (Oh et al., 1980). Por causa dessa propriedade, o PEG tem sido utilizado para absorver fenóis vegetais durante a extração enzimática (Badran e Jones, 1965). Posteriormente, Kumar et al. (1990), em estudos *in vitro*, mostraram que a adição de PEG reduziu o efeito inibitório de taninos condensados (purificado da *P. cineraria*) na tripsina, quimiotripsina e celulase ruminal.

Bhatia et al. (1987), citados por Kumar et al. (1990), trataram folhas de *Zizyphus nummularia* com PEG 4000 e verificaram aumentos nos consumos e nas digestibilidades da matéria seca e proteína bruta e no peso final de ovinos em relação ao grupo-controle.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os taninos são compostos fenólicos essenciais para as plantas se manterem no ambiente, minimizando o ataque de pássaros e fungos, porém interferem no desempenho dos animais.

Altas concentrações de taninos na dieta de vacas de leite podem reduzir o consumo alimentar.

Mais experimentos *in vivo* devem ser realizados para verificar os efeitos proporcionados pela ingestão de alimentos ricos em taninos em vacas de leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADRAN, A.M.; JONES, D.E. Polyethylene glycols-tannin interaction in extracting enzyme. *Nature*, v.206, p.622-623, 1965.
- BARRY, T.N. The role of condensed tannins the nutrition value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 3. Rates fo body and wool growth. *Br. J. Nutr.*, v.54, p.211-217, 1985.
- BARRY, T.N.; MANLEY, T.R. Interrelationships between the concentrations of condensed tannin, free condensed tannin and lignin in *Lotus sp.* And theis possible consequences in ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric.*, v.37, p.248-254, 1986.
- BARRY, T.N.; McNABB, W.C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Br. J. Nutr.*, v.81, p.263-272, 1999.
- BATE-SMITH, E.C. Haemanalysis of tannins. The concept of relative astringency. *Phytochemistry*, v.12, p.907-912, 1973.
- BECKER, P.; MARTIN, J. S. Protein precipitating capacity of tannins in *Shorea* seeding leaves. *J. Chem. Ecol.*, v.8, p.1353-1367, 1982.
- BHAT, T.K.; SINGH, B.; SHARMA, O.P. Microbial degradation of tannins: a current perspective. *Biodegradation*, v.9, p.343-357, 1998.
- BRUYNE, T.D.; PIETERS, L.; DEELSTRA, H. et al. Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities. *Bioch. Syst. Ecol.*, v.27, p.445-459, 1999.
- BURNS, J.C.; COPE, W.A. Nutritive value of crowivetch forage as influenced by structural constituents, phenolics and tannin compounds. *Agron. J.*, v.66, p.195-200, 1974.
- CABRAL FILHO, S.L.S. *Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos*. 2004. 88f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, São Paulo, SP.
- CHIQUELLE, J.; CHENG, K.J; COSTERTON, J.W. et al. Effect of tannins on the digestibility of two iso-synthetic strains of birds foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) using in vitro and in sacco techniques. *Can. J. Anim. Sci.*, v.68, p.751-760, 1988.
- GUIMARÃES-BEELLEN, P.M; BERCHIELLI, T.T; BUDDINGTON, R. et al. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semiárido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.910-917, 2006.

HAGERMAN, A.E. Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts. *J. Chem. Ecol.*, v.13, p.437-449, 1987.

HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Choosing appropriate methods and standards for assaying tannin. *J. Chem. Ecol.*, v.15, p.1795-1810, 1989.

HAHN, D.H.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*, v.29, p.776-779, 1984.

HENIS, Y.; TAGARI, H.; VOLCANI, R. Effect of water extract of carob pods tannic acid and their derivatives on the morphology and growth of micro-organisms. *Appl. Microbiol.*, v.12, p.204-211, 1964.

JONES, D.E. Banana tannins and its reaction with polyethylene glycol. *Nature*, v.206, p.299-300, 1965.

JONES, W.T.; MANGNAN, J.L. Complexes of the condensed tannins of sainfoil (*Onobrychis viciifolia* Scop.) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein and their reversal by polyethylene glycol and pH. *J. Sci. Food Agric.*, v.28, p.126-136, 1977.

KUMAR, R.; PATNAYAK, B.C. Studies on the use of polyethylene glycol in determination of tannins. In: ANIMAL NUTRITION WORKER CONFERENCE, 2., 1986, Udaipur. *Proceedings...* Udaipur: Rajasthan Agricultural University, 1986. p.74-75.

KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food. Chem.*, v.32, p.447-453, 1984.

KUMAR, R.; VAITHIYANATHAN, S. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.30. p.21-38, 1990.

LANDAU, S.; SILANIKOVE, N.; NITSAN, Z. et al. Short-term changes in eating patterns explain the effects of condensed tannins on feed intake in heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v.69, p.199-213, 2000.

LOHAN, O.P.; LALL, D.; MAKKAR, H.P.S. et al. Inhibition of rumen urease activity by tannins in osk leaves. *Indian J. Anim. Sci.*, v.51, p.279-281, 1981.

LOHAN, O.P.; LALL, D.; PAL, R.N. et al. Note on tannins in tree fodders. *Indian J. Anim. Sci.*, v.50, p.881-883, 1980.

MAKKAR, H.P.S.; BLUMMEL, M.; BECKER, K. Potential and limitations of in vitro gas method for studying the effects of plant defensive components on rumen fermentation. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ANTINUTRITIONAL FACTORS IN LEGUME

SEEDS AND RAPESEED, 3., 1998, Wageningen. *Proceedings...* Wageningen, Wageningen Press, 1998. p.121-123.

MAKKAR, H.P.S.; BLUMMEL, M.; BOROWY, N.K. et al. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.*, v.61. p.161-165, 1993.

MAKKAR, H.P.S.; SINGH, B.; DAWRA, R.K. Effect of tannin rich leaves of oak (*Quercus incana*) on various microbial enzyme activities of the bovine rumen. *Br. J. Nutr.*, v.60, p.287-296, 1988.

MARINHO, A.A.M. Influência dos taninos no comportamento dos microrganismos e suas implicações nas transformações microbianas no trato gastrintestinal dos ruminantes. *Rev. Port. Ciênc. Vet.*, v.79, n.469, p.5-21, 1984.

MITJAVILA, S.; LACOMBE, C.; CARRERA, G. et al. Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. *J. Nutr.*, v.107, p.2113-2120, 1977.

MUELLER-HARVEY, I.; REED, J.D. Identification of phenolic-compounds and their relationships to in vitro digestibility of sorghum leaves from bird-resistant and non bird-resistant varieties. *J. Sci. Food Agric.*, v.60, p.179-196, 1992.

NATH, K.; MALIK, N.S.; SINGH, O.N. Utilization of *Zizyphus nummularia* leaves by three breeds of sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, v.20, p.1337-1142, 1969.

OH, H.I.; HOFF, J.E.; ARMSTRONG, G.S. et al. Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. *J. Agric. Food Chem.*, v.28, p.394-398, 1980.

PANDA, S.K.; PANDA, N.C.; SAHUE, B.K. Effect of tree leaf tannin on dry matter intake by goats. *Indian Vet. J.*, v.60, p.660-664, 1983.

PEREIRA FILHO, J.M.; VIEIRA, E.L.; KAMALAK, A. et al. Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Wild) tratada com hidróxido de sódio. *Livest. Res. Rural Dev.*, v.17 n.8, 2005.

PINTO, G.A.S.; COURI, S.; LEITE, S.G.F. Tanase: Conceitos, produção e aplicação. *Bol. CEPPA*, v.23, p.435-462, 2005.

PIRES, D.A.A. *Avaliação de quatro genótipos de sorgo (Sorghum bicolor) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagens*. 2007. 107f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

PRICE, M.L.; BUTLER, L.G.; ROGLER, J.C. et al. Overcoming the nutritionally harmful effects of tannin in sorghum grain by treatment with inexpensive chemicals. *J. Agric. Food Chem.*, v.27, p.441-445, 1979.

REED, J.D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.1516-1525, 1985.

ROBBINS, C.T.; MOLE, S.; HAGERMAN, A.E. et al. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology*, v.68, p.1606-1615, 1987.

RODRIGUES, W.A. *Variabilidade para o teor de tanino em sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), seu controle genético e associação com a resistência a pássaros*. 1991. 72f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SHINDE, A.K.; VERMA, D.L.; SANKHYAN, S.K. et al. Effect of supplementation containing polyethylene glycol (PEG)-6000 on intake, rumen fermentation pattern and growth in kids fed foliage of *Prosopis cineraria*. *Small Rumin. Res.*, v.52, p.45-52, 2004.

SILVA, R.A.C.; ARCURI, P.B.; D'AGOSTO, M.T. et al. Perfil das populações de protozoários ciliados do rúmen de vacas não lactantes recebendo dietas ricas em taninos. In: SEMANA DE BIOLOGIA, 29; MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 12, Juiz de Fora, MG. Anais ... Juiz de Fora, MG: UFJF, 2006. p.186-189.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WATERMAN, P.G.; MBI, C.N.; McKEY, D.B. et al. African rain forest vegetation and rumen microbes, Phenolic compounds and nutrients as correlates of digestibility. *Oecologia*, v.47, p.22-23, 1980.

WATTERSON, J.J., BUTLER, L.G. Occurrence of an unusual leuconathocyanidin and absence of proanthocyanidins in sorghum leaves. *J. Agric. Food Chem.*, v.31, p.41-45, 1983.

YU, F.; BARRY, T.N.; MCNABB, W.C. et al. Effect of bound condensed tannin from cottonseed upon *in situ* protein solubility and dry matter digestion in the rumen. *J. Sci. Food Agric.*, v.69, p.311-319, 1995.

CAPÍTULO 30

QUALIDADE DE INGREDIENTES PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

*Deborah Alves Ferreira¹, Lúcio Carlos Gonçalves²,
Wellyngton Tadeu Vilela Carvalho³, Pedro Dias Sales Ferreira⁴,
Matheus Anchieta Ramirez⁵*

RESUMO

A aplicação do conceito de qualidade de ingredientes na formulação de rações para bovinos leiteiros é abrangente, e aspectos nutricionais e de inocuidade devem ser avaliados para garantir o desempenho animal e a produção de leite e derivados sem riscos à saúde humana. Neste sentido, a análise bromatológica dos alimentos constituintes das rações, dos volumosos e concentrados se faz de fundamental importância, desde a avaliação dos macronutrientes (carboidratos e proteínas) até dos micronutrientes (minerais e vitaminas). Esta avaliação permitirá o balanceamento adequado da dieta, ao menor custo possível. As avaliações microbiológicas e toxicológicas são necessárias para garantir a saúde e o desempenho dos animais e, de forma eficiente, a segurança do produto final.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o rebanho bovino é de 169,8 milhões de cabeças e possui, aproximadamente, 15 milhões de vacas sendo ordenhadas, apresentando uma produção total de leite de 22,6 bilhões de litros/ano (Anualpec, 2008). Em 2007, as exportações de leite e derivados totalizaram US\$273,3 milhões.

Nos últimos anos, tanto o setor agrícola quanto o pecuário vêm participando de forma expressiva na geração de riquezas para o país. O agronegócio é responsável por 42% das exportações totais, 37% dos empregos brasileiros e, segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2009), a sua participação no produto interno bruto (PIB) brasileiro no ano de 2007 foi de 25,11%.

As rações representam ao redor de 70% do custo de produção do leite, e as variações no desempenho devido a ingredientes de má qualidade podem ser um dos fatores responsáveis por prejuízos significativos (Butolo, 2002).

¹ Médica Veterinária, DSc. Prof^{ra}. UNIPAC, BR 262, Km 480, CEP 35.600-000 Bom Despacho, MG. deborah.alvesferreira@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc, Doutorando em Nutrição Animal, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. ertim81@yahoo.com.br

⁴ Médico Veterinário, mestrando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. ferreira.pds@gmail.com

⁵ Médico Veterinário, Doutorando em Nutrição Animal, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, matheusarta@yahoo.com.br

A aplicação do conceito de qualidade de ingredientes na formulação de rações para bovinos leiteiros é abrangente. A qualidade nutricional revela a quantidade e/ou a disponibilidade dos nutrientes, e a qualidade microbiológica e toxicológica apresenta o risco de contaminação por microrganismos patogênicos ou por substâncias tóxicas, de origem química ou microbiológica, para os animais e para os humanos consumidores dos produtos derivados. Para isso, diversas medidas são adotadas para atender aos padrões mínimos que permitem explorar o desempenho animal e garantir a saúde humana.

Por meio da Instrução Normativa nº 04, de 23 de fevereiro de 2007, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2007) aprova o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal, visando atender a demanda mundial por produtos de origem animal com garantia de procedência. Entretanto, esta forma de trabalho deve ser seguida em todo estabelecimento rural durante a produção ou aquisição dos alimentos e manejo dos animais para produção leiteira.

1. ANÁLISES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE INGREDIENTES

O primeiro passo para assegurar a qualidade de um ingrediente é obtê-lo de fornecedores qualificados, com base na idoneidade da empresa, laudo técnico do produto e histórico de fornecimento de ingredientes padronizados.

Um estudo nutricional completo compreenderá o conhecimento das propriedades gerais, como aspecto, aroma, sabor e estrutura microscópica, e a determinação do conteúdo das substâncias nutritivas, necessárias para a manutenção e expressão do potencial produtivo dos animais (Silva, 1981).

O resultado da análise laboratorial é muito importante, pois possibilita o adequado balanceamento de nutrientes e a formulação de dietas mais econômicas.

1.1. Amostragem

Amostra é uma porção limitada do material tomada em conjunto, selecionada de maneira a possuir as características essenciais do conjunto. Amostragem é a série sucessiva de etapas operacionais específicas para assegurar que a amostra seja obtida com a necessária condição de representatividade (Vicenzi, 2009).

Para avaliar a qualidade de alimentos, é necessária a retirada de amostras representativas, sendo a parte mais importante de uma análise, pois, se não for efetuada adequadamente, os resultados não corresponderão à composição real do material em análise.

A amostragem deve ser realizada em vários pontos do carregamento, lote ou partida, principalmente para produtos que não apresentam uma homogeneidade perfeita ou tenham tendência à separação (MAPA, 1991).

A quantidade de material deve ser suficiente para realização de toda a parte analítica, bem como armazenamento em arquivo, destinada à revisão ou perícia. Deve-se adotar no mínimo 1kg para esta operação. Em produtos cuja homogeneidade pode comprometer o resultado analítico (por exemplo, rações e concentrados que contenham ureia, farelo de algodão), a colheita deve ser superior a 2kg ou, em casos especiais, conforme especificação do laboratório (MAPA, 1991).

Para garantir uma amostragem eficiente, deve-se proceder à identificação e ao registro da amostra (local da colheita, fabricante, data de fabricação, data da validade, data da colheita, código da amostra, representatividade da amostra, órgão e responsável pela colheita), à embalagem adequada, de forma a evitar contaminações, e ao acondicionamento para transporte e armazenagem que permitam a manutenção das características físicas, químicas e organolépticas do material.

1.1.1. Grãos e ingredientes líquidos

Uma boa amostragem compreende a utilização de instrumental adequado:

- caladores de metal – produtos ensacados;
- sondas de profundidade – produtos a granel;
- sondas específicas – produtos líquidos.

A realização da amostragem e a quantidade a ser retirada devem ser feitas de acordo com a Tabela 1.

Tabela1. Amostragem de grãos e ingredientes líquidos.

Lotes ensacados		Lotes a granel		Lotes líquidos	
1)	amostra de 1000g;	1)	amostra de 1000g;	1)	amostra de pelo menos 1000ml;
2)	amostrar a parte superior, média e inferior dos sacos (unidades) e homogeneizar;	2)	amostrar o lote em 8 pontos para cargas pequenas e 16 pontos para cargas grandes, como vagões e carretas;	2)	retirar a amostra abrangendo a parte superior, média e inferior do recipiente.
3)	lotes de 1 a 10 unidades: 5 amostras de unidades diferentes;	3)	intercalar as posições vertical e inclinada da sonda.		
4)	lotes de 10 a 100 unidades: amostrar 15% do lote (mínimo 10 unidades);				
5)	lotes com mais de 100 unidades: amostrar 5% do lote (mínimo 15 unidades).				

Nunca retirar a amostra de um único ponto, pois esta é casual e não permite conclusões quanto à qualidade do produto.

Fonte: Adaptado de MAPA (1991).

Após homogeneização, o material coletado deve ser colocado em saco plástico, devidamente identificado, e enviado ao laboratório.

1.1.2. Volumosos

Os alimentos volumosos apresentam ampla variação no valor nutricional, dependendo da espécie forrageira, clima, tipo de solo e níveis de adubação, momento de colheita ou pastejo e processamento pós-colheita. Por isso, a análise destes ingredientes é de fundamental importância para o balanceamento adequado da dieta a ser fornecida aos animais, objetivando a redução dos gastos com o uso de alimentos concentrados, sem, entretanto, deixar de atender às exigências nutricionais dos animais.

Procedimentos de coleta de volumosos para envio ao laboratório:

Capim (Pastagens)

- fazer uma amostragem representativa, coletando várias subamostras que formarão uma amostra composta. As subamostras devem ser retiradas em vários pontos da área de pastagem, e as plantas cortadas na altura recomendada de corte ou pastejo;
- evitar a retirada de amostras próximas a formigueiros, buracos de tatu, cupinzeiros, trilhos de gado, malhadouros e cochos de sal mineral.
- um pasto pode dar origem a várias amostras compostas, que será maior quanto maior for o pasto, mais acidentada sua topografia e mais irregular sua cobertura forrageira;
- Acondicionar de 1,5 a 2,0kg de material em dupla camada de plástico;
- por meio de etiquetas preenchidas a lápis, identificar com nome do proprietário, tipo de forragem, data de colheita do material e telefone e endereço de contato;
- congelar e enviar a amostra ao laboratório.

Silagem

- fazer uma amostragem representativa da silagem em diferentes pontos no painel da silagem (mínimo de cinco pontos);
- homogeneizar bem o material coletado;
- acondicionar de 1,5 a 2,0kg de material em dupla camada de plástico;
- por meio de etiquetas preenchidas a lápis, identificar com nome do proprietário, tipo de forragem, data de colheita do material e telefone e endereço de contato;
- congelar e enviar a amostra ao laboratório.

Feno

- fazer uma amostragem representativa do feno em vários fardos;
- deve-se abrir o fardo para que a amostra represente a forragem do interior do fardo;
- homogeneizar bem o material coletado, formando uma amostra composta;
- acondicionar de 1,5 a 2,0kg de material em dupla camada de plástico;
- por meio de etiquetas preenchidas a lápis, identificar com nome do proprietário, tipo de forragem, data de colheita do material, telefone e endereço de contato e enviar a amostra ao laboratório.

1.2. Análises físicas

As análises físicas de um alimento consistem na observação da forma física, cor, odor, impurezas, densidade e granulometria. São realizadas de forma simples e podem revelar informações importantes, como deterioração, contaminações e adulterações.

Forma física – existem sete formas básicas:

- a. grânulos irregulares (por exemplo, farelo de sorgo e de milho);
- b. lâminas (por exemplo, levedura moída);
- c. esferas (por exemplo, ureia);
- d. cubos (por exemplo, NaCl);
- e. flocos (por exemplo, farelo de soja);
- f. fibra (por exemplo, volumosos);
- g. pó (por exemplo, vitaminas).

Impurezas – consiste na verificação da presença de materiais estranhos no alimento, com o auxílio de um microscópio. É uma técnica muito importante, por permitir a detecção de adulterações e contaminações dos produtos.

Densidade – é um parâmetro importante relacionado com a susceptibilidade à quebra, características de moagem, taxa de secagem e resistência a insetos e fungos. É determinada a partir da determinação da massa (peso) e do volume ocupado pelos grãos, utilizando picnometria, e é expressa em g/cm^3 (Antunes, 2005).

Granulometria – consiste na verificação das diversas quantidades, e suas respectivas porcentagens, de materiais retidos nas malhas de um conjunto de peneiras. Após homogeneização, pesam-se 100, 250 ou 500 gramas da amostra, sem ser moída. Em seguida, coloca-se a amostra na primeira bandeja do conjunto de peneiras sobre o granu-teste, aparelho especial que irá vibrar por 10 a 20 minutos. Posteriormente, retira-se do aparelho, pesa-se o material retido em cada peneira e calcula-se a porcentagem que ficou retida em cada uma delas.

1.3. Análises químicas

1.3.1. Sistema de análise proximal

Em 1864, foi proposto pelo Dr. Honesberg, do laboratório de Weende, na Alemanha, um método de avaliação para obter informações sobre a composição química ou de grupos de compostos químicos dos ingredientes utilizados na alimentação animal, chamado “Método de Weende” ou “Sistema de Análise Proximal”. O método, cujas técnicas de análises ainda são utilizadas atualmente, inclui: matéria seca a 105°C (MS), gordura ou extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), cinzas ou matéria mineral (MM) e extrato não nitrogenado (ENN).

As análises propostas pelo “Método de Weende” são aprovadas pela Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995) e pelo MAPA (1991), com exceção do nitrogênio, para o controle de alimentos de uso animal, e devem ser feitas em material moído em peneira de 1mm (16 mesh) e seguem os seguintes princípios:

Matéria seca (umidade) – baseia-se na perda de água em estufa à temperatura de 105°C, até que a amostra apresente peso constante.

Gordura ou extrato etéreo – o éter usado no processo é aquecido até tornar-se volátil e, ao condensar-se, circula sobre a amostra, arrastando toda a fração gordurosa e demais substâncias solúveis em éter. Este é recuperado em outro recipiente, enquanto a gordura extraída é calculada por diferenças de pesagens (Silva, 1981).

Fibra bruta – a amostra seca e desengordurada é submetida à digestão ácida (H_2SO_4 – 1,25%) e alcalina (NaOH – 1,25%), durante 30 minutos cada. O resíduo orgânico é seco, pesado e incinerado à temperatura de 500-600°C, e por diferença de peso antes e após a queima, calcula-se a fibra bruta (Silva, 1981).

Cinzas ou matéria mineral – produto obtido após o aquecimento da amostra à temperatura de 500-600°C, durante quatro horas ou até a combustão total da matéria orgânica (Silva, 1981).

Extrato não nitrogenado – calculado a partir da diferença entre a matéria seca e a soma do extrato etéreo, fibra bruta, cinzas e proteína bruta (Van Soest, 1994).

O método de Kjeldahl (AOAC, 1995) é amplamente adotado para análise do conteúdo de nitrogênio e é o mais indicado para amostras de origem biológica. As proteínas e outros compostos nitrogenados são decompostos na presença de ácido sulfúrico concentrado, a quente, com produção de sulfato de amônio. O sulfato de potássio ou de sódio (acrescido ou não de sulfato de cobre ou selênio) é adicionado durante a digestão, a fim de apressá-la a partir do aumento do ponto de ebulição do ácido sulfúrico. O sulfato de amônio resultante, na presença de solução concentrada de hidróxido de sódio, libera amônia, que é recebida em uma solução de ácido bórico. A amônia, na solução de ácido bórico, é titulada com ácido sulfúrico ou clorídrico de título conhecido. Com este resultado, calcula-se o conteúdo de nitrogênio da amostra. Para determinar o conteúdo de proteína bruta, basta multiplicar o conteúdo de nitrogênio pelo fator 6,25 (Silva, 1981).

Quando a amostra possui alto conteúdo de umidade (>80%), como gramíneas e silagens, faz-se necessária a pré-secagem para determinação do conteúdo de matéria seca. Neste caso, a pré-secagem é feita em temperatura de 55°C, em estufa com circulação forçada de ar, durante 72 horas. Pela diferença de peso, determina-se a matéria pré-seca. O valor de matéria seca será: matéria pré-seca x matéria seca a 105°C /100.

1.3.2. Sistema de detergentes

O termo fibra é baseado na resistência dos carboidratos estruturais à digestão pelas enzimas dos mamíferos (Van Soest, 1994). Entretanto, devido à simbiose com os microrganismos ruminais, os ruminantes são capazes de utilizar os carboidratos estruturais para obtenção de energia. Portanto, o “Método de Weende” não é satisfatório para avaliar alimentos fibrosos, principalmente volumosos. Além disso, inclui no grupo de fibra bruta a celulose e a lignina insolúvel em álcali, e no grupo extrato não nitrogenado frações de naturezas diversas, com diferentes características nutricionais, como amido, hemiceluloses, pectina, lignina solúvel em álcali e os carboidratos solúveis em água.

Van Soest (1967) propôs um método de análise para avaliar a qualidade de forrageiras, o qual permite o fracionamento mais adequado dos diversos componentes da fração fibrosa. Assim, por meio do detergente neutro, é possível separar o conteúdo celular (parte da forragem solúvel em detergente neutro), constituído principalmente de proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectina e outros componentes solúveis em água, da parede celular (parte da forragem insolúvel em detergente neutro), também chamada de fibra em detergente neutro (FDN), que é constituída basicamente de celulose, hemiceluloses, lignina e proteína lignificada. Em seguida, a FDN é submetida à ação do detergente ácido, separando as hemiceluloses (solúvel em detergente ácido) da lignocelulose e proteína lignificada. Este método, para determinação da qualidade de forrageiras, apresenta vantagens em relação a outros, em virtude de sua maior precisão, além de fornecer informações sobre o fracionamento da fração fibrosa (Silva, 1981).

1.3.3. Análises de minerais

Os minerais são nutrientes essenciais para manutenção, desenvolvimento e produção dos animais. Para o balanceamento de rações que atendam às exigências dos bovinos, é necessário conhecer a composição dos ingredientes em relação a esses nutrientes.

Para alguns minerais, como o cobre e o selênio, por exemplo, a quantidade exigida pelo animal pode estar próxima à dose tóxica. Por isso, uma análise detalhada da quantidade dos minerais presentes nos ingredientes também se faz necessária para manter a segurança alimentar, evitando casos de intoxicações.

Cálcio – consiste em precipitar o cálcio de uma solução obtida das cinzas da amostra (solução mineral), pela adição de oxalato de amônio. O precipitado formado (oxalato de cálcio) é dissolvido em meio ácido, formando ácido oxálico, que é determinado por oxidimetria (permanganatometria).

Fósforo – a ação do molibdênio sobre o íon fósforo resulta em ácido fosfomolibdico, que a seguir é reduzido pelo ácido 1,2,4-aminonaftolsulfônico a óxido de molibdênio, produzindo uma coloração azul. A intensidade de cor azul é medida colorimetricamente, em aparelho espectrofotômetro.

Cobalto, cobre, ferro, magnésio, manganês, zinco e selênio – a espectrofotometria de absorção atômica é um sistema de controle rápido, sensível, seletivo e de alta precisão analítica. Quando os átomos livres de um elemento interagem com a energia em suas diferentes formas, provocam o fenômeno espectroscópico, que é usado para a determinação dos elementos químicos.

1.3.4. Teste de atividade ureática

A uréase é uma enzima que desdobra a ureia em dióxido de carbono e amônia e está presente em todas as sementes de leguminosas. Por ser uma enzima termolábil, a avaliação de sua atividade em subprodutos de leguminosas, principalmente da soja, indica o grau de aquecimento durante o processamento. Sua aferição é feita por meio da variação do pH, após a mistura da amostra com solução de ureia. Resultados acima de 2,0 indicam subaquecimento, e abaixo de 0,05 indicam superaquecimento. Alta atividade ureática revela que não houve destruição dos fatores antinutricionais termolábeis que podem interferir na digestibilidade e utilização do alimento para os animais, e a baixa atividade ureática sugere que houve formação de reações de Maillard e indisponibilização de alguns aminoácidos, como a lisina e aminoácidos sulfurados, para os animais.

1.3.5. Análise de micotoxinas

Aflatoxinas (cromatografia em camada delgada) – o método baseia-se na separação cromatográfica, e a detecção é feita pela fluorescência das aflatoxinas quando expostas à luz ultravioleta (366nm). Obtém-se o resultado pela comparação com padrões de concentração conhecida, igualmente aplicados na placa cromatográfica.

1.3.6. Análises específicas para avaliação da qualidade de silagens

pH – extrair o suco da silagem em uma prensa hidráulica e fazer a leitura em potenciômetro aferido com soluções padrão de pH 4,0 e 7,0.

Acidez titulável – sua determinação é importante, pois os valores de pH não expressam uma íntima correlação com o conteúdo de ácido láctico das silagens. Extrair o suco da silagem em uma prensa hidráulica e titular com uma solução de hidróxido de sódio 0,1N, até atingir pH neutro. A quantidade gasta corresponde à acidez titulável.

Nitrogênio amoniacal, como parte do nitrogênio total ($N-NH_3/NT$) – extrair o suco da silagem em uma prensa hidráulica. Destilar o suco com cloreto de cálcio e óxido de magnésio em solução receptora de ácido bórico. Titular a solução com ácido clorídrico de título conhecido. Com o resultado, calcula-se o conteúdo de nitrogênio amoniacal. Para o cálculo de nitrogênio amoniacal, como parte do nitrogênio total, faz-se a relação percentual de $N-NH_3$ em relação à proteína bruta da amostra.

1.4. Análises biológicas

Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) – metodologia proposta por Tilley e Terry (1963), que consiste em deixar amostras de forrageiras em contato com o líquido ruminal, no interior de um tubo de ensaio, visando repetir o que ocorre *in vivo*, após 48 horas de fermentação. Em seguida, utiliza-se uma solução ácida de pepsina, durante 24 horas, a fim de digerir as proteínas. Esta técnica não considera a composição química da forragem, mas sim sua digestibilidade (Silva, 1981).

Contagem de bolores e leveduras – realiza-se a diluição da amostra em água peptonada a 1%, tamponada, seguida de cultivo em placa de Petri com ágar oxitetraciclina glicose extrato de levedura. Contar as colônias e expressar os resultados como número de bolores e leveduras viáveis por grama do produto (MAPA, 1991).

Contagem de enterobactérias totais, viáveis – realiza-se a diluição da amostra em água peptonada a 1%, tamponada, seguida de cultivo em placa de Petri com ágar cristal violeta vermelho neutro bile glicose. Contar as colônias de coloração roxa avermelhada rodeadas por halo de precipitação da mesma cor. Confirmar efetuando o teste de oxidase em cinco colônias ou em número igual à raiz quadrada das colônias contadas na placa. As enterobactérias são oxidase negativa. Calcular o número de enterobactérias totais viáveis por grama do produto, aplicando a seguinte fórmula: resultado = (colônias contadas x colônias confirmadas x colônias repicadas) / diluição da amostra (MAPA, 1991).

Contagem de *Escherichia coli* – realizar cultivo em ágar cristal violeta vermelho neutro bile e, em seguida, selecionar as colônias que apresentem coloração roxa avermelhada rodeada por um halo de precipitação da mesma cor para repicagem em ágar nutritivo inclinado. Transferi-las para caldo triptona, caldo VM-VP e ágar citrato de Simmons para teste confirmatório. Contar as colônias e expressar os resultados como número *E. coli* por grama do produto, por meio da seguinte fórmula: resultado = (colônias contadas x colônias confirmadas x colônias repicadas) / diluição da amostra (MAPA, 1991).

Pesquisa de *Salmonella* spp. – realiza-se o pré-enriquecimento em água peptonada a 1%, tamponada, seguida de enriquecimento seletivo em um tubo contendo caldo Rappaport modificado e outro contendo caldo selenito cistina. A partir dos caldos de enriquecimento, realizar enriquecimento seletivo em placas de Petri contendo ágar verde brilhante. As colônias típicas de *Salmonella* spp. apresentam-se incolores ou de coloração rosa avermelhada, entre translúcidas ou ligeiramente opacas. Algumas colônias poderão apresentar coloração verde amarelada, quando estiverem rodeadas por microrganismos fermentadores de lactose (MAPA, 1991).

2. GRÃOS DE CEREAIS

A produção de grãos de boa qualidade depende de muitos fatores. Mudanças climáticas, surgimento de pragas, colheita inadequada e condições de armazenamento são alguns dos problemas que podem danificar o grão.

2.1. Principais defeitos dos grãos

Grãos avariados: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam ardidos, brotados, imaturos, chochos, mofados ou danificados. Grãos com casca enrugada ou com alteração na cor, com desenvolvimento fisiológico completo, somente são considerados avariados se sua polpa estiver alterada.

- a. Grãos ardidos: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam, pela ação do calor e/ou umidade, visivelmente fermentados com coloração marrom ou escura na casca e interiormente.
- b. Grãos brotados: grãos que se apresentam com indícios de germinação ou germinados.
- c. Imaturos: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam verdes, por não terem atingido o seu desenvolvimento completo.
- d. Chochos: grãos que se apresentam enrugados e atrofiados no seu desenvolvimento.
- e. Mofados: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam claramente afetados por fungos.
- f. Danificados: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam atacados por pragas e/ou doenças, afetados por processos de secagem ou por qualquer outra causa.

2.2. Armazenamento

Quando alimentos para uso animal são colonizados por fungos, existe grande risco de contaminação com metabólitos secundários produzidos por estes organismos. Vários desses compostos são tóxicos para os animais e humanos e são coletivamente chamados de micotoxinas. Várias espécies de *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Alternaria*, além de serem reconhecidas como patogênicas para as plantas, são também importantes fontes de micotoxinas. Tradicionalmente, os fungos micotoxigênicos são divididos em dois grupos: fungos de campo e de estocagem. Entretanto, no caso do *Aspergillus flavus*, por exemplo, esta distinção é somente acadêmica, uma vez que está associado com a podridão da espiga e dos grãos do milho no campo e também coloniza grãos estocados, quando fatores como temperatura e atividade de água são adequados (Placinta et al., 1999).

A contaminação de alimentos e matérias-primas com micotoxinas é um problema mundial, que pode provocar distúrbios na saúde dos animais com perdas econômicas significativas. Estima-se que cerca de 25% das culturas são afetadas por micotoxinas anualmente no mundo. Dados de laboratório obtidos no Brasil demonstraram que 46,78% das amostras de milho e 40,64% das rações analisadas continham

aflatoxinas. Considerando esses números, os dados são alarmantes, tornando-se necessário tomar providências para reduzir os riscos aos sistemas de produção (Fernandes et al., 2006).

Existem mais de 200 micotoxinas diferentes que podem ser encontradas nos alimentos. A presença do fungo não significa necessariamente que o grão esteja contaminado com algum tipo de toxina, e mesmo a presença de toxina em uma parte do lote de grãos não significa que todo o lote esteja infestado uniformemente. Neste caso, há necessidade de um controle extensivo, procurando determinar o nível dessa contaminação e isolar as partes mais atacadas e impróprias para o consumo (Butolo, 2002). Ausência de fungo e presença de micotoxina são possíveis, pois estas substâncias são altamente estáveis no meio ambiente, permanecendo por longo período nos alimentos contaminados (Oliveira e Melo, 2000).

Os efeitos biológicos decorrentes da ação das micotoxinas estão relacionados a aspectos como dosagem, duração da exposição e combinação entre as toxinas. As micotoxinas afetam o fígado e seu complexo sistema enzimático, com alto potencial carcinogênico, porém outros órgãos também são afetados. Animais de alto desempenho produtivo e reprodutivo são mais predispostos a distúrbios decorrentes de micotoxinas, pois apresentam maior taxa metabólica (Placinta et al., 1999; Fernandes et al., 2006).

Algumas toxinas de *Fusarium*, tais como a zearalenona e os tricotecenos, são responsáveis por grande parte das micotoxicoses no mundo. Alguns países tropicais e semitropicais têm relatado, com frequência, a contaminação por *Fusarium*, que produz tricotecenos, zearalenona, moniliformina e fumosina, onde anteriormente só eram detectadas aflatoxinas. Isto, provavelmente, é o resultado da maior frequência de testes para detecção desses compostos, que eram erroneamente considerados inexistentes (Placinta et al., 1999; Fernandes et al., 2006).

A zearalenona frequentemente ocorre em combinação com tricotecenos nos grãos de cereais. Entre os sintomas da intoxicação por zearalenona, estão o edema de vulva e glândula mamária e problemas reprodutivos. O efeito estrogênico da zearalenona é mediado pela ligação da micotoxina ao receptor citoplasmático de estrógeno (Fernandes et al., 2006).

Muitas vezes, os grãos são contaminados por fungos no campo antes do armazenamento. Isso pode acontecer quando a colheita coincide com altos índices de precipitação pluviométrica ou quando a cultura permanece na lavoura após o estágio ideal de colheita. A abertura física, resultante do ataque de insetos ou de danos causados durante a colheita mecânica, favorece a penetração do fungo (Fernandes et al., 2006).

Os principais fatores que induzem ao crescimento de fungos nos grãos e produtos armazenados são: umidade, temperatura, período de armazenamento, nível de contaminação, impurezas (partes da própria planta) e matérias estranhas (detritos

vegetais, terra, sementes e contaminantes) e infestação por insetos (Butolo, 2002). As principais micotoxinas presentes no milho e as condições favoráveis para seu desenvolvimento são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais micotoxinas presentes no milho e as condições favoráveis para seu desenvolvimento.

Micotoxina	Fungo	Condições favoráveis
Aflatoxina	Aspergillus	Temperatura: 27 – 30°C Umidade do ar: 85% Umidade do grão: 17,5 – 18,5%
Zearalenona	Fusarium	Temperatura: oscilações; alta: 20 - 25°C e baixa: 8 - 10°C Umidade do ar: 85 – 90% Umidade do grão: 22 – 23%

Fonte: Zardo e Lima (1999).

Grãos limpos, secos e estocados em armazéns bem ventilados dificilmente serão atacados por fungos. Os grãos armazenados devem conter baixos teores de umidade para prevenir o desenvolvimento de fungos (Tabela 3). No entanto, os padrões meteorológicos mundiais são irregulares, com áreas apresentando altos índices de precipitação pluviométrica, seca ou geada. O estresse provocado pela seca pode elevar a penetração de fungos nos grãos.

Tabela 3. Condições de umidade que favorecem o desenvolvimento de fungos de armazenamento.

Teor de umidade (%)	Desenvolvimento fúngico
< 13	Lento
13 – 16	Rápido
> 16	Muito rápido

Fonte: Butolo (2002).

O fator temperatura é muito importante para o desenvolvimento dos fungos. Recomenda-se utilizar uma temperatura de secagem de 90°C, atingindo 45°C de aquecimento nos grãos, que não causa nenhum dano a sua integridade. Temperaturas mais altas, até 140°C, causam quebras e fissuras nos grãos, prejudicando a qualidade de estocagem e favorecendo o crescimento de fungos. Vale ressaltar que temperaturas de armazenagem baixas podem compensar o efeito das altas umidades (Tabela 4) (Butolo, 2002).

Períodos longos de armazenamento oferecem condições para o desenvolvimento de fungos que crescem em umidades mais baixas e/ou se desenvolvem mais lentamente, por isso é necessária a instalação de equipamentos que monitorem a temperatura e a umidade dos grãos em diversos pontos dos silos graneleiros (Butolo, 2002).

Tabela 4. Condições de temperatura que favorecem o desenvolvimento de fungos de armazenamento.

Temperatura (°C)	Desenvolvimento fúngico
< 15	Lento
20 – 30	Ótimo
40 -55	Máximo

Fonte: Butolo (2002).

As impurezas e as matérias estranhas são portadores de grande quantidade de microrganismos e, nas mesmas condições de umidade relativa do ar e temperatura que os grãos, apresentam teores de umidade mais elevados. A infestação por insetos ocasiona aumento da umidade e rápido desenvolvimento de fungos. Nos focos de infestação, ocorre produção de calor e, devido à baixa condutibilidade térmica dos grãos, ocorre a formação de bolsas de calor (Butolo, 2002).

Sendo assim, um bom conjunto de técnicas para prevenir os problemas com a armazenagem dos grãos inclui: estocar grãos de boa qualidade, com teor de umidade inferior a 14%; limpar os silos e armazéns antes da estocagem; identificar os lotes estocados (data de recebimento, fornecedor; número de análise etc.); evitar contato dos grãos com o piso e as paredes, favorecendo a aeração e prevenindo a absorção de umidade; manter os armazéns arejados; vistoriar rotineiramente os armazéns e silos; combater insetos e roedores; e agir prontamente ao menor sinal de problema.

3. INGREDIENTES DE ORIGEM ANIMAL

Os ingredientes de origem animal foram utilizados como fontes de proteínas, gorduras e minerais na formulação de rações para ruminantes. Nos anos de 1970 e início de 1980, no Reino Unido, as indústrias alteraram o procedimento de fabricação de farinhas de origem animal, para reduzirem custos e fabricarem farinhas de ossos, sangue e miúdos de ovinos de melhor qualidade. Acredita-se que esta alteração permitiu que o agente infeccioso oriundo da *scrapie* dos ovinos (*príon* – partículas proteínáceas infectantes) sobrevivesse e contaminasse os bovinos, surgindo, então, a doença conhecida como encefalopatia espongiforme bovina (EEB). Esta teoria ainda é discutida, e a origem da doença obscura; é possível que tenha sido uma mutação, que já existisse na Inglaterra em bovinos, nos anos 1970-80, mas em níveis bem baixos, e que carcaças desses animais tenham entrado na cadeia alimentar dos bovinos (Costa e Borges, 2004).

A EEB, assim como todas as encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET), tem como características: tempo de incubação prolongado (meses ou anos); doença do sistema nervoso, progressiva e debilitante, sempre fatal; além disso, as alterações patológicas são associadas ao sistema nervoso central e incluem vacuolização e astrocitose; e o agente etiológico não induz a uma resposta imune detectável (Detwiler e Rubenstein, 2001; citados por Costa e Borges, 2004).

Em 1996, o governo do Reino Unido declarou que existiria uma possível conexão entre a EEB, popularmente conhecida como *doença da vaca louca*, e o desenvolvimento de uma nova doença em humanos, fatal, semelhante à Doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ), que acomete o sistema nervoso central causando, frequentemente, demência rapidamente progressiva associada a tremores musculares de extremidades. A ingestão de carne de bovinos com a EEB poderia ser um fator de risco para o desenvolvimento dessa nova doença, que está sendo chamada de variante da DCJ (v-DCJ) (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2004).

Para evitar a ocorrência de EEB e, conseqüentemente, a v-DCJ no Brasil e manter as exportações de carnes bovinas, o MAPA, por meio da Instrução Normativa nº 8, de 25 mar. 2004 (MAPA, 2004a), determina:

"...considerando a epidemiologia da encefalite espongiforme bovina – EEB e a necessidade de manutenção da situação sanitária do Brasil em relação a essa doença, resolve:

Art. 1º Proibir em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal.

Parágrafo único. Incluem-se nesta proibição a cama de aviário, os resíduos de criação de suínos, como também qualquer produto que contenha proteínas e gorduras de origem animal.

Art. 3º Excluem-se da proibição de que tratam os artigos anteriores, o leite e os produtos lácteos, a farinha de ossos calcinados (sem proteínas e gorduras), e a gelatina e o colágeno preparados exclusivamente a partir de couros e peles."

3.1. Farinha de ossos calcinados

A farinha de ossos calcinados (sem proteínas ou gorduras) é obtida pela queima completa de ossos em temperatura entre 800°C e 1000°C, após limpeza das impurezas como cascos e chifres, seguida de moagem. A matéria-prima utilizada deve ser proveniente de frigoríficos que possuam o Serviço de Inspeção Federal.

Este ingrediente é utilizado em rações ou suplementos como fonte de fósforo e cálcio. Segundo o Compêndio... (2004), para ser utilizada como ingrediente na alimentação animal, a farinha de ossos calcinados deve atender as seguintes especificações mínimas: 98% de matéria mineral (mínimo), 15% de fósforo (mínimo) e relação cálcio:fósforo máxima de 2,15:1. O valor nutricional médio das farinhas de ossos calcinadas utilizadas no Brasil é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Valor nutricional médio das farinhas de ossos calcinados.

MS (%)	PB ¹	EE ¹	MM ¹	Ca ¹	P ¹	Mg ¹	Fl ¹
98,5	1,06	0,04	97,77	36,09	16,19	0,80	0,02

¹ Valores em % da MS .

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

4. INGREDIENTES DE ORIGEM MINERAL

A suplementação com macro e microingredientes minerais iniciou-se no Brasil, em maior escala, após o surgimento da indústria de rações, em 1948. Nesta época, utilizava-se, como fonte de cálcio e fósforo, a farinha de ossos autoclavada e outros subprodutos de matadouros, porém sem qualquer padrão de qualidade e base científica sobre as necessidades de minerais dos animais.

Com o desenvolvimento acentuado da indústria de rações, começou a surgir no país uma indústria misturadora que se dedicava à fabricação e comercialização de suplementos minerais, vitamínicos e outros. Na década de 70, com o maior conhecimento sobre o tema e com o início das importações de fosfatos minerais, basicamente o fosfato bicálcico, e posteriormente sua fabricação no Brasil, observou-se um grande avanço dessa atividade.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento define:

Suplemento: "mistura composta por ingredientes ou aditivos, podendo conter veículo ou excipiente, que deve ser fornecida aos animais ou ser indicada para diluição, para melhorar o balanço nutricional" (MAPA, 2009).

Suplemento mineral: "quando possuir na sua composição, macro e/ou microelemento mineral, podendo apresentar, no produto final, um valor menor que 42% de equivalente proteico" (MAPA, 2004b).

Contudo, muitos estabelecimentos utilizam matérias-primas não condizentes com a garantia do produto, principalmente no que se refere à biodisponibilidade dos minerais. Portanto, as análises para o controle de qualidade de ingredientes de origem mineral devem ser realizadas adequadamente, a fim de garantir níveis ótimos de produtividade e evitar riscos de intoxicação dos animais, desde que muitos desses elementos sejam necessários em quantidades mínimas e muito próximas do limite tóxico.

4.1. Calcário calcítico e gesso

O calcário calcítico é utilizado basicamente como fonte de cálcio, e o gesso, além dessa função, pode ser utilizado como fonte de enxofre.

No organismo animal, o cálcio é essencial para a formação do esqueleto, transmissão de impulsos nervosos, contração muscular e coagulação sanguínea, além de fazer parte da composição do leite (National Research Council - NRC, 2001).

4.1.1. Características físicas

A granulometria do calcário calcítico varia de fino até partículas grosseiras, de cor branca e levemente acinzentada. Já o gesso apresenta-se de forma granular, de cor bege a amarela, com odor característico de enxofre.

4.1.2. Análise química

A qualidade do calcário calcítico é avaliada a partir da sua solubilidade aparente, e os principais fatores que alteram a solubilidade são o tamanho de partícula e a porosidade. A alta solubilidade é esperada em materiais de boa qualidade.

4.2. Fosfato bicálcico, monocálcico e monoamônio

O fósforo é o mineral com o maior número de funções biológicas conhecidas. Participa da formação óssea, é componente da molécula de trifosfato de adenosina (ATP), está intimamente relacionado com o sistema tampão ácido-básico do sangue e outros fluidos e com a diferenciação celular, além de fazer parte da membrana celular e outros componentes celulares, sob a forma de fosfolipídios, fosfoproteínas e ácidos nucleicos (NRC, 2001).

Para que o fósforo possa ser utilizado em suplementos minerais e rações, ele deve se apresentar em uma forma química adequada, ou seja, com elevada biodisponibilidade (Tabela 6).

Tabela 6. Biodisponibilidade dos fosfatos.

Fosfato tricálcico (padrão)	100
Fosfato monocálcico	120 – 125
Fosfato bicálcico	95 – 100
Fosfato monoamônio	95 – 100
Rocha fosfática	25 – 35

Fonte: Butolo (2002).

4.2.1. Características físicas

São ingredientes de coloração branca, podendo variar até um cinza claro, na forma de pó ou granulado.

4.3. Sal (Cloreto de sódio)

Dentre os diversos minerais essenciais para o metabolismo animal, destaca-se o sódio, juntamente com o cloro e o potássio. Em conjunto, participam da manutenção do equilíbrio osmótico e ácido-básico. Adicionalmente, a transmissão de impulsos nervosos, a função cardíaca e o funcionamento da enzima sódio-potássio trifosfato de adenosina (Na/K ATPase), que proporciona um gradiente elétrico para o transporte de nutrientes, são dependentes do equilíbrio entre o sódio e o potássio (NRC, 2001).

4.3.1. Características físicas

O sal apresenta-se como cristais cúbicos, de cor branca ou levemente cinza, higroscópico, inodoro e de sabor característico. É facilmente solúvel em água fervente, sendo pouco solúvel em álcool.

5. VOLUMOSOS

5.1. Silagem

Silagem é o material produzido pela fermentação da forragem com alto conteúdo de umidade (McDonald et al., 1991). Durante o processo de ensilagem, a obtenção de um ambiente anaeróbio é essencial para cessar a respiração da planta, prevenir o crescimento de microrganismos aeróbios e estimular o crescimento de bactérias ácido-láticas. As bactérias ácido-láticas fermentam açúcares presentes na planta, produzindo principalmente o ácido lático, que reduz o pH do material, inibindo a atividade de enzimas da planta, evitando-se o crescimento de microrganismos anaeróbios indesejáveis (Rotz e Muck, 1994).

O processo de ensilagem deve produzir um material com características qualitativas semelhantes à forragem ensilada. Para isso, a forragem deve conter um nível adequado de carboidratos solúveis, prontamente disponíveis para rápida fermentação pelas bactérias ácido-láticas, baixa capacidade tamponante e conteúdo de matéria seca acima de 20%. Além disso, deve possuir uma estrutura física que permita boa compactação do material no momento da ensilagem (McDonald et al., 1991).

A eficiência deste sistema de conservação deve considerar não somente o valor nutritivo do produto final, mas também as perdas que podem ocorrer desde a colheita até a etapa de alimentação dos animais (McDonald et al., 1991). No momento em que a forragem é colocada no silo, o processo de respiração continua até que o oxigênio seja extinto. Além do oxigênio, o processo respiratório utiliza carboidratos fermentáveis, provocando redução do valor energético da forragem, bem como do substrato para a fermentação láctica. Entretanto, se o oxigênio for removido e o silo vedado rapidamente, essas perdas serão insignificantes (Muck, 1988). Durante o processo fermentativo também podem ocorrer perdas de nutrientes por meio da deterioração aeróbia, realizada por microrganismos aeróbios, principalmente leveduras, em locais de vedação imperfeita ou no momento de abertura do silo para fornecimento da silagem aos animais, provocando extensiva deterioração do material, ou mesmo por meio da produção de efluentes, a qual ocorre principalmente em materiais com elevado conteúdo de umidade, pois esses contêm componentes digestíveis, como carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, minerais e compostos nitrogenados solúveis. Além disso, as perdas ocorridas no campo e durante o processamento do material antes da ensilagem têm um impacto significativo na qualidade e no custo de produção da silagem (Muck, 1988; McDonald et al., 1991).

O ponto ideal de colheita para qualquer forrageira a ser ensilada deve visar ao máximo de produção de matéria seca associado ao máximo potencial de consumo e digestibilidade. Além disso, as plantas devem apresentar valores de matéria seca capazes de assegurar uma boa compactação e um bom processo fermentativo para que as perdas sejam reduzidas e o valor nutritivo da silagem maximizado. Sendo assim, o ponto ideal de colheita depende do material a ser ensilado, do local de plantio, da fertilidade do solo e das condições climáticas locais (Gonçalves et al., 2006).

Durante o período de fornecimento da silagem, a exposição ao ar pode provocar o desenvolvimento de leveduras aeróbias que provocam perdas de nutrientes, pois estes microrganismos são capazes de catabolizar os ácidos láctico e acético, além de carboidratos solúveis residuais (Ruxton et al., 1975). Ainda, pode haver o desenvolvimento de fungos aeróbios capazes de produzir micotoxinas prejudiciais à saúde, ao desenvolvimento e à produtividade dos animais.

Para evitar a perda de qualidade da silagem, a retirada da fatia deve ser diária, evitando-se ao máximo a formação de degraus, ou escada, no silo. Devem ser respeitadas espessuras mínimas de corte, minimizando o contato da silagem com o ar atmosférico (Tabela 7).

Tabela 7. Espessura diária mínima de corte da fatia de silagem.

Tipo de silo	Espessura de corte (cm)
Aéreo	7,5
Cisterna	10
Trincheira	15
Superfície	20

Fonte: Gonçalves e Borges (1997).

5.1.1. Análises e parâmetros qualitativos

Após a abertura do silo, a silagem de boa qualidade apresenta odor agradável, aspecto uniforme e é bem consumida pelo gado. Porém, apenas a análise laboratorial dessa silagem será capaz de mostrar com precisão a sua qualidade.

Os critérios mais utilizados na avaliação da qualidade das silagens são os teores de matéria seca à ensilagem, os teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$), o pH, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e o conteúdo de ácidos orgânicos (láctico, acético e butírico) (Tabela 8).

Tabela 8. Critérios de classificação da qualidade de silagens.

Item	Classificação das silagens			
	Muito boa	Boa	Média	Ruim
Matéria seca %	30-35	25-30	20-25	<20
N-NH ₃ /NT %	<10	10-15	15-20	>20
pH	≤ 3,8	3,8-4,2	4,2-4,6	>4,6
DIVMS %	>65	55-65	40-55	<40

Fonte: Gonçalves e Borges (1997).

5.1.2. Composição química

As principais culturas utilizadas para produção de silagens são: milho, sorgo, capim-elefante e girassol. Na tabela 9, encontra-se a composição química de algumas silagens.

Tabela 9. Composição química média das silagens de milho, sorgo, capim elefante e girassol.

FORAGEIRA	MS	PB	pH	NH ₃ /NT	FDN	FDA
Milho ¹	37,1	6,8	3,7	7,4	51,9	30,4
Sorgo ²	27,5	6,3	3,7	5,0	57,5	33,5
Capim-elefante ³	23,9	7,5	4,4	17,5	72,9	48,3
Girassol ⁴	25,3	8,9	4,7	8,7	45,8	37,4

¹Média de 13 variedades avaliadas por Costa (2000); ² Média de sete genótipos avaliados por Rocha Júnior (1999); ³ Ferrari Júnior e Lavezzo (2001); ⁴ Média de 13 genótipos avaliados por Tomich (1999).

5.2. Feno

Feno é o alimento conservado pela secagem natural ou artificial da forragem verde. A fenação, o processo de obtenção do feno, é a forma mais antiga, e ainda a mais importante, de conservação de volumosos para o gado em escala mundial, apesar de sua grande dependência dos fatores climáticos e do estágio de maturidade das forrageiras (Antunes e Gonçalves, 2003).

Para o sucesso técnico e econômico da fenação, deve ser levado em conta que o estágio de maturidade da forrageira e as condições do tempo são mais importantes que a espécie da forrageira em si. Por isto, o produtor deve estar atento a isto e aproveitar os recursos forrageiros locais de que dispõe para a produção de feno.

O princípio fundamental da secagem é a evaporação da água da forragem e a remoção desta pelo ar. Este princípio se aplica tanto para a secagem natural quanto para a artificial. A taxa de secagem do material ceifado, que é a perda de umidade por hora, é dependente de fatores ligados à forragem, às condições ambientais e também à forma de colheita.

Os fatores mais importantes relacionados à forragem são o conteúdo de água no momento do corte e a espécie. A maioria das forragens apresenta mais de 75-80% de umidade no ponto de corte e precisa sofrer um intenso processo de desidratação até que se obtenha um feno com 15% ou menos de umidade, para permitir a conservação deste por longos períodos em boas condições de armazenamento. A espécie da forrageira é particularmente importante quanto ao processo de secagem, pois, na maioria das vezes, há diferenças na relação haste:folha e na espessura das hastes. Isto leva a diferentes comportamentos de secagem entre espécies no campo, porque as folhas perdem água com maior facilidade que as hastes. Desta forma, as forragens que apresentam alta relação haste:folha e hastes grossas tendem a demorar mais tempo para secar. Por isto, as plantas de hastes mais finas e com alta proporção de folhas são as mais adequadas à produção de feno de alta qualidade em condições de campo (Gonçalves et al., 2006).

A temperatura e a umidade relativa do ar são os principais fatores ambientais que influenciam na taxa de secagem da forragem e na qualidade do feno. A temperatura afeta consideravelmente a dessecação da forragem, já que a taxa de secagem desta aumenta à medida que a temperatura também aumenta. A umidade relativa do ar também é importante, pois determina tanto a taxa de secagem quanto o teor de umidade de equilíbrio para o feno. Quanto maior a umidade relativa do ar, maior será a umidade de equilíbrio do feno, dificultando o processo de secagem (Tabela 10). Desta forma, a produção de feno pode ficar comprometida nos locais onde a umidade relativa do ar é muito elevada devido às dificuldades de secagem da forragem até o “ponto de feno”, ou seja, com menos de 15% de umidade (Gonçalves et al., 2006).

Tabela 10. Porcentagem de umidade relativa do ar e umidade de equilíbrio do feno.

Umidade relativa do ar (%)	Umidade de equilíbrio do feno (%)
95	35,0
90	30,0
80	21,5
77	20,0
70	16,0
60	12,0

Fonte: Raymond et al. (1978), citados por Haddad e Castro (1998).

Para se produzir feno de boa qualidade, é imprescindível que a forragem seja também de boa qualidade. A produção desta deve ser sempre o ponto de partida para qualquer operação de fenação, seja ela de pequeno ou de grande porte. Mas quais devem ser as características de uma forragem de boa qualidade para a produção de feno?

No conceito tradicional de feno, gramíneas e leguminosas de hastes finas e com maior relação folha:haste possível são as forrageiras adequadas para a produção de feno de boa qualidade. Quanto mais fina é a haste da forragem, menor será a diferença na velocidade de desidratação existente entre haste e folha, o que reduz o tempo de

secagem do feno. A relação haste:folha também está relacionada ao valor nutritivo do feno, pois as folhas apresentam maior valor nutritivo que as hastes.

As espécies de gramíneas do gênero *Cynodon*, como *Coastcross*, “*Florakirk*”, “*Tifton 78*” e “*Tifton 85*”, são as mais utilizadas para a produção de feno, por apresentarem talos finos e secagem uniforme e rápida (Haddad e Castro, 1998). Porém, as forrageiras tipicamente tropicais e bem adaptadas às condições brasileiras, se manejadas adequadamente, também produzem feno de boa qualidade e devem ser mais bem exploradas para fenação. Assim, a grande maioria das gramíneas e leguminosas tropicais pode ser utilizada para este fim como os capins elefante, sudão, jaraguá, colômbio, milho e as braquiárias e a leucena, a soja perene, o siratro, o estilosantes e o feijão guandu.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do controle de qualidade de ingredientes de rações, é possível avaliar o valor nutricional dos ingredientes, assegurar a adequada utilização das matérias-primas e reduzir os riscos de contaminação. Dessa forma, pode-se explorar ao máximo o potencial produtivo dos animais e alcançar melhores relações custo/produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Caderno Técnico de Encefalopatia Espongiforme Transmissível*. Brasília: ANVISA: 2004. 118p.

ANTUNES, R.C. *Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para bovinos, aves e suínos*. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

ANTUNES, R.C.; GONÇALVES, L.C. Feno e fenação. In: MARQUES, D.C. *Criação de bovinos*. 7.ed. Belo Horizonte: CVP, 2003. p.233-238.

ANUALPEC: Anuário da Pecuária Brasileira. 15.ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 380p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 16.ed. Washington: AOAC, 1995. 2000p. AOAC

BUTOLO, J.E. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. Campinas: Agros Comunicações, 2002. 430p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. PIB do Agronegócio 1994 a 2007. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acessado em: 06 abr. 2009.

COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal - 2005. São Paulo, SP: SINDIRAÇÕES, 2004. 204p.

COSTA, L.M.C.; BORGES, J.R.J. Encefalopatia Espongiforme Bovina "Doença da Vaca Louca". In: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Cadernos Técnicos de Encefalopatia Espongiforme Transmissível*. Brasília: Coronário Gráfica e Editora: 2004. p.61-80.

COSTA, R.S. *Características agronômicas, composição química e qualidade da silagem de doze cultivares de milho – safra 97/98*. 2000. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

FERNANDES, P.C.C.; MALAGUIDO, A.; SILVA, A.V. O risco das micotoxinas. Disponível em <http://www.ergomix.com.br>. Acessado em: 6 mar. 2006.

FERRARI JÚNIOR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1424-1431, 2001.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. *Tópicos de forragicultura tropical*. Belo Horizonte: UFMG, 1997. 118p. Apostila.

GONÇALVES, L.C.; JAYME, D.G.; GUIMARÃES Jr., R. Gestão integrada da produção de volumosos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO DA PECUÁRIA DE CORTE, 4., 2006, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 2006. CD-ROM.

HADDAD, C.M.; CASTRO, F.G.F. Produção de feno. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba:FEALQ, 1998. p.151-171.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Instrução Normativa nº 4, de 23 fev. 2007*. Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à Alimentação Animal e o Roteiro de Inspeção *Diário Oficial da União*, Brasília, 1 mar. 2007. Seção 1, p.5.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Instrução normativa nº 8, de 25 mar. 2004*. Proíbe em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 mar. 2004a. Seção. 1, p.5.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Instrução Normativa nº 12, de 30 nov. 2004*. Aprova o regulamento técnico sobre fixação de parâmetros e das características mínimas dos suplementos destinados a bovinos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2 dez. 2004b. Seção 1, p.4.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Instrução Normativa nº 15, de 26 mai. 2009*. Regulamenta o registro dos estabelecimentos e dos produtos destinados à alimentação animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 28 mai. 2009. Seção 1, p.27.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 108, de 4 set. 1991. Aprova os Métodos Analíticos para Controle de Alimentos para uso Animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 set. 1991. Seção 1, p.19813.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2992-3002, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington: National Academic Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, N.J.F.; MELO, M.M. Riscos toxicológicos da polpa cítrica. *Cad. Tec. Vet. Zotec.*, n.32, p.91-97, 2000.

PLACINTA, C.M.; D'MELLO, J.P.F.; MACDONALD, A.M.C. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.78, p. 21-37, 1999.

ROCHA JÚNIOR, V.R. *Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e seus padrões de fermentação*. 1999. 132f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

ROTZ, C.A.; MUCK, E.R. Changes in forage quality during harvest and storage. In FAHEY Jr., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. et al. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p.828-868.

RUXTON, I.B.; CLARK, B.J.; MCDONALD, P. A review of the effect of oxygen on ensilage. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.30, p.23-30, 1975.

SILVA, D.J. *Análise de alimentos*. Viçosa, MG: UFV/Imprensa Universitária, 1981. 166p.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

TOMICH, T.R. *Avaliação do potencial forrageiro e das silagens de treze cultivares de girassol (Helianthus annuus L.)*. 1999. 80f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *J. Anim. Sci.*, v.26, p. 119-128, 1967.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminants*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VICENZI, R. Introdução à análise de alimentos. Disponível em: <http://www.scribd.com>. Acessado em: 22 jun. 2009.

ZARDO, A.O.; LIMA, G.J.M.M. *Alimentos para suínos*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos, 1999. 61p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 12).