

ZAZ 1376

Produção e Conservação de Forragens

PARTE I

Pirassununga

2016



Universidade de São Paulo



Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Cx. Postal 23, CEP: 13635-900, Pirassununga – SP. Fone (19) 3565-4001

### PROGRAMA DA DISCIPLINA

**Disciplina:** ZAZ 1376 Produção e Conservação de Forragens

**Curso:** Medicina Veterinária

**Horários:** QUA - 08 as 11:00 hs

**Período:** II Semestre

**Carga Horária:** 45 horas

**Docentes Responsáveis:**

Prof. Ives Cláudio da Silva Bueno

Prof (a). Lilian Elgalise Techio Pereira

### ATIVIDADES

#### **Provas surpresas e Provas semestrais:**

Serão realizadas provas rápidas no início ou final de cada aula, referente aos assuntos expostos em aulas anteriores. Com relação às avaliações semestrais, serão realizadas três provas teóricas no semestre cujo conteúdo é **cumulativo**.

#### **Prova repositiva:**

Somente alunos que não puderam comparecer em alguma das avaliações semestrais regulares terão direito a realização de prova repositiva, a qual será realizada em data a ser marcada durante o período letivo definido no calendário da Universidade, abrangendo todo o conteúdo exposto na disciplina durante o semestre.

#### **Entrada em Sala de aula:**

Recomenda-se que o aluno esteja em sala até 10 minutos após o início previsto para cada aula. Um intervalo de 10 minutos será realizado a cada 50 minutos.

#### **Normas de recuperação:**

Somente terão direito à realização de prova de recuperação os alunos cuja média seja maior ou igual a 3,0 e menor que 5,0. A recuperação incluirá uma prova teórica abrangendo todo o conteúdo exposto na disciplina durante o semestre e será ministrada no período a ser estipulado pela Comissão de Graduação.

A média final sem recuperação será calculada da seguinte forma:

$$\text{Média Final (SR)} = \text{Prova1}*(2) + \text{Prova2}*(3) + \text{Prova3}*(3) + \text{Provinhas}*(2)$$

A média final com recuperação será calculada da seguinte forma:

$$\text{Média Final (CR)} = (\text{Média SR} + \text{Prova Recuperação})/2$$

**Bibliografia:**

- CHAPMAN, C.P. The biology of grasses. CAB International, 273p, 1996.
- FRAME, J.; CHARLTON, J.F.L.; LAIDLAW. Temperate Forage Legumes. CAB International, 279p., 1998.
- MELLO, J.P.F.; DEVENDRA, C. Tropical Legumes in Animal Nutrition. CAB International, 338p, 1995.
- MITIDIERI, J. Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais. São Paulo, Nobel/Edusp, 1983.
- PUPO, N.I.H. Pastagens e Forrageiras. Campinas, ICEA, 1977.
- PUPO, N.I.H. Manual de Pastagens e Forrageiras. Campinas, ICEA, 1979.
- SINCLAIR, T.R.; GARDNER, F.P. Principles of Ecology in Plant Production. CAB International, 189p., 1998.
- GOMIDE, J.A. Simpósio Internacional Sobre Produção Animal Em Pastejo. Departamento de Zootecnia da UFV, Viçosa-MG. 472p, 1997.
- HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. The Ecology Management of Grazing Systems. CAB International, 466p, 1996.
- WATSON, L.; DALLWITZ, M.F. The Grass Genera of the World. CAB International, 1081p., 1992.
- Woolford, M.K. The silage fermentation, Marcel Dekker, New York, 1984, 350p.
- McDonald, P. The biochemistry of silage. Wiley and Sons, Aberystwyth, 1991, 340p.

## Bibliografia Complementar:

- DUNSTER, J.; DUNSTER, C. Dictionary of Natural Resource Management. CAB International, 363p, 1996.
- LENNÉ, J.M. and TRUTMANN. Diseases of Tropical Pasture Plants. CAB International, 404p., 1994.
- WATSON, L.; DALLWITZ, M.F. The Grass Genera of the World. CAB International, 1081p., 1992.

Revista Brasileira de Zootecnia (anos recentes)

Boletim de Indústria Animal (anos recentes)

Nogueira Filho, J.C.M. Ensilagem, Silagem e Silos, 83p. (Apostila)

Nogueira Filho, J.C.M. Feno e Fenação, 30p., 2007 (Apostila)

FONSECA, D. M. & MARTUSCELLO, J. A. Plantas Forrageiras. Editora da UFV: Viçosa. 2010. 537 p.

FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. & FONTANELI, R.S. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340 p.

COSTA, N. L. et al. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 27 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54335/1/doc85-plantasforrageiras.pdf>

Links:

Para apostilas das disciplinas e listas de exercícios, favor  
acessar o site:

[ltechio.wix.com/lilianpereira](http://ltechio.wix.com/lilianpereira)

## CRONOGRAMA DE AULAS

**Disciplina:** ZAZ 1376 Produção e Conservação de Forragem

**Sala 2 BDNA**

**Docentes Responsáveis:** Prof. Ives Cláudio da Silva Bueno  
Prof (a). Lilian Elgalise Techio Pereira

<b>Aula</b>	<b>Hora</b>	<b>Tópico</b>	<b>Respons.</b>
1	08-11:00 hs	→ Apresentação da disciplina e métodos de avaliação (1h) → Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras (2h)	Lilian/Ives Lilian
2	08-11:00 hs	→ Ecofisiologia de plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens (3h)	Lilian
3	08-11:00 hs	→ Fatores de crescimento e produção de forragens (2h) → Valor nutritivo das pastagens (1h)	Lilian
4	08-11:00 hs	→ Estacionalidade de produção das forrageiras (2h) → Estratégias de manejo para minimizar estacionalidade (1h)	Lilian
<b>5</b>	<b>08-11:00 hs</b>	<b>Prova I</b>	<b>Lilian</b>
6	08-11:00 hs	→ Sistemas de pastejo e métodos de manejo do pastejo (3h)	Lilian
7	08-11:00 hs	→ Estabelecimento de pastagens (3h)	Lilian
8	08-11:00 hs	→ Calagem e adubação de pastagens (3h)	Lilian
9	08-11:00 hs	→ Principais gramíneas e leguminosas tropicais e temperadas (3h)	Lilian
<b>10</b>	<b>08-11:00 hs</b>	<b>Prova II</b>	<b>Lilian</b>
11	08-11:00 hs	→ Ensilagem – Definições e processos (2h) → Ensilagem - Perdas na ensilagem, recomendações e utilização (1h)	Ives
	<b>08-11:00 hs</b>	<b>→ NÃO HAVERÁ AULA</b>	<b>Ives</b>
12	08-11:00 hs	→ Ensilagem – Artifícios e valor nutritivo (2h) → Ensilagem – Tipos de silo e dimensionamento de silos (1h)	Ives
13	08-11:00 hs	→ Fenação - Definições e processos (2h) → Fenação - Recomendações e utilização (1h)	Ives
14	08-11:00 hs	→ Fenação - Perdas na fenação (1h) → Microorganismos (fungos) e efeitos tóxicos em animais e humanos (2h)	Ives
<b>15</b>	08-11:00 hs	<b>Prova III</b>	<b>Ives</b>
	<b>08-11:00 hs</b>	<b>Prova de recuperação</b>	<b>Ives</b>

## SUMÁRIO

<b>PROGRAMA DA DISCIPLINA .....</b>	<b>2</b>
<b>CRONOGRAMA DE AULAS .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Ecossistema pastoril – componentes e interações.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Princípios de taxonomia vegetal.....</b>	<b>20</b>
<b>4. Classificação das plantas forrageiras .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Morfologia de gramíneas e leguminosas .....</b>	<b>26</b>
5.1 Introdução.....	26
5.2 Raízes.....	29
5.3 Caules .....	31
5.4 Gemas axilares ou laterais .....	34
5.5 Folhas .....	35
5.6 Flor e Inflorescência.....	38
5.7 Fruto .....	43
<b>6. Dinâmica do crescimento de plantas forrageiras .....</b>	<b>45</b>
6.1 Introdução.....	45
6.2 Características morfogênicas e estruturais do perfilho .....	45
6.3 Crescimento ao longo do ciclo de rebrotação .....	49
6.4 Reservas orgânicas em plantas forrageiras.....	51
6.5 Importância das reservas orgânicas para recuperação após o pastejo .....	54
6.6 Dinâmica da população de plantas .....	57
<b>7 Fatores que afetam o valor nutritivo das plantas forrageiras ..</b>	<b>61</b>
7.1 Introdução.....	61
7.2 Fatores que afetam o valor nutritivo das pastagens.....	61
7.3 Fatores que afetam a quantidade de forragem consumida .....	69
<b>8. Estacionalidade de produção das plantas forrageiras .....</b>	<b>71</b>
8.1 Introdução.....	71
8.2 Estratégias para minimizar os efeitos da estacionalidade .....	75
a) Adubação nitrogenada estratégica.....	75
b) Irrigação .....	76
c) Diferimento .....	76
d) Suplementação .....	79

## 1. Introdução

A **Forragicultura** é um ramo das ciências agrárias que estuda as plantas forrageiras que tem como produto final a forragem. **Forragem** consiste nas partes aéreas (exceto os grãos) de uma população de plantas, que serão utilizados na alimentação dos herbívoros (nutrição) em pastejo ou podem ser colhidas e fornecidas no cocho.

A **Pastagem** se refere a uma ‘unidade’ de manejo de pastejo, fechada e separada de outras áreas por cerca ou outra barreira, e destinada à produção de forragem para ser colhida principalmente por pastejo. Por sua vez, um **piquete** é uma área de pastejo correspondente a uma subdivisão de uma unidade da pastagem, fechada e separada de outras áreas por cerca ou outra barreira. O **pastejo** corresponde ao ato de desfolhar a planta enraizada no campo, realizada pelo ruminante. Para o animal envolve busca, apreensão e ingestão da forragem.



Figura 1: Pastagem subdividida em piquetes.

Fonte: <http://www.institutomarcelodeda.com.br/pastejo-rotacionado-otimiza-vida-de-produtor-de-leite-no-sertao/>

Independentemente do tipo de animal que utilizará a pastagem, os princípios básicos de manejo são os mesmos e valem para qualquer espécie forrageira, em qualquer lugar do mundo: é necessário produzir folhas para o consumo do animal, mas também manter certa quantidade de folhas para a planta reiniciar seu crescimento.

Para estabelecer bases corretas de manejo de pastagens é necessário entender:

- ❖ ... os processos de crescimento e desenvolvimento da planta que resultam na forragem a ser consumida
- ❖ ... como os fatores do meio e de manejo interferem sobre esses processos
- ❖ ... a capacidade da planta em ajustar sua morfologia e crescimento em resposta aos distúrbios (ambientais ou pastejo)



Esses objetivos são alcançados por meio do manejo da pastagem. O manejo que visa potencializar a produção de forragem se inicia na escolha de espécies forrageiras de boa qualidade e adaptadas a região onde serão estabelecidas, e se estende pela necessidade de se oferecer condições adequadas de crescimento a elas: correção do solo, fertilização e definição do momento adequado de entrada e saída dos animais do piquete quando em lotação rotacionada, que pode ser feito pelo controle da altura do pasto, ou o momento de ajustar o número de animais em um piquete quando em lotação contínua.

**Quando a pastagem é bem manejada, a quantidade e qualidade do material vegetal a ser colhido pelo animal é elevada, de forma que o consumo e o desempenho do animal são favorecidos.**

Para que esses objetivos possam ser atingidos, entretanto, é essencial conhecer os as interações que ocorrem entre os componentes atuantes no ecossistema de pastagens, assim como os atributos morfológicos da planta forrageira, uma vez que é a morfologia que determina sua habilidade de ajuste em resposta às restrições do meio e do manejo, sua capacidade de persistência e tolerância ao pastejo.

### **O desenvolvimento morfológico das plantas:**

- define sua arquitetura;
- influencia a sua acessibilidade para os herbívoros
- afeta sua capacidade de crescer após a desfolhação.



Processos fisiológicos estabelecem a capacidade de captação de energia solar e a síntese dos produtos necessários para sustentar o desenvolvimento estrutural

(Briske, 1986)

## 2. Ecosistema pastoril – componentes e interações

Um sistema ecológico é definido como um conjunto de organismos vivendo em associação com seu ambiente químico e físico. Implica, portanto, em inter-relação ou interdependência entre os vários componentes bióticos e abióticos que o compõe, e sua sustentabilidade depende do equilíbrio entre esses componentes (Nabinger, 1997; Briske; Heitschmidt, 1991). Assim, a pastagem é um sistema ecológico onde as plantas, animais e outros organismos representam os componentes bióticos, o solo, os nutrientes e a atmosfera completam o ecossistema, representando os componentes abióticos (Holechek et al., 1989).

Dentro desse ambiente, uma série de interações ocorre entre planta, animal, solo e clima, tornando-o um ecossistema particular e adaptado a diversos tipos de perturbações. Para Nabinger (1997), é fundamental que se considere que alguns fatores desse meio são passíveis de controle (e.g. intensidade de desfolhação, disponibilidade de água e nutrientes etc.) enquanto outros, até o momento, são incontrolláveis, ou seja, não podem ser modificados pela ação do homem (e.g. radiação solar, temperatura e precipitação). O conhecimento dos efeitos e inter-relações entre cada fator é essencial para o uso eficiente dos recursos naturais e manutenção da estabilidade do ecossistema (Figura 2). Nesse ambiente, o manejo corresponde aos meios e processos de interferência do homem sobre os componentes desse ecossistema, a qual pode causar impactos positivos ou negativos.

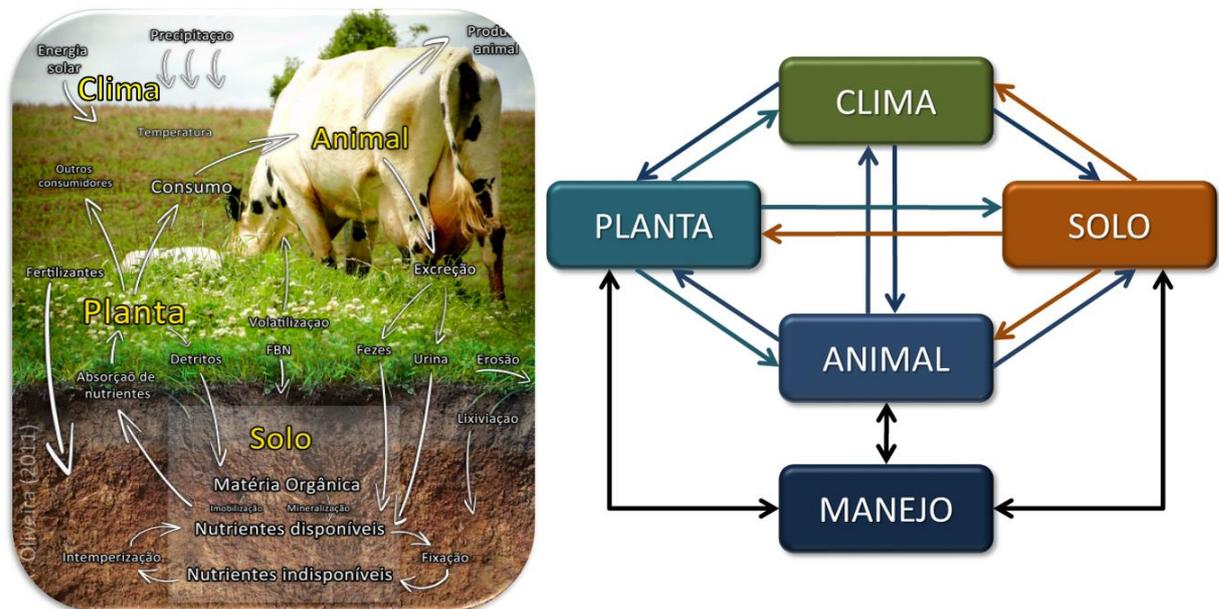


Figura 2: Inter-relações entre os componentes do ecossistema pastagens

Fonte: Arquivo Pessoal (2016)

O funcionamento da pastagem como um sistema ecológico é regido por alguns princípios básicos determinantes dos diferentes níveis tróficos de produtividade e que devem ser bem entendidos para que possam ser adequadamente manejados pelo homem. Estes princípios podem ser resumidos em:

1. O funcionamento do sistema depende fundamentalmente de um fluxo de energia, cuja "entrada" no sistema depende da disponibilidade de radiação solar;
2. A "captura" da energia incidente depende de uma superfície de captação (folhas), cujo tamanho e cuja eficiência de transformação da energia solar em energia química depende da disponibilidade de nutrientes assegurada pela absorção (raízes) e reciclagem de nutrientes no sistema.
3. O pastejo afeta ambos processos: o fluxo de energia ao "remover" superfícies de captação; o ciclo de nutrientes ao acelerar a mineralização e a disponibilidade de nutrientes através de sua retirada via produto animal.

Os fatores climáticos são considerados não controláveis, influenciando aqueles inerentes à planta, ao solo e ao animal.

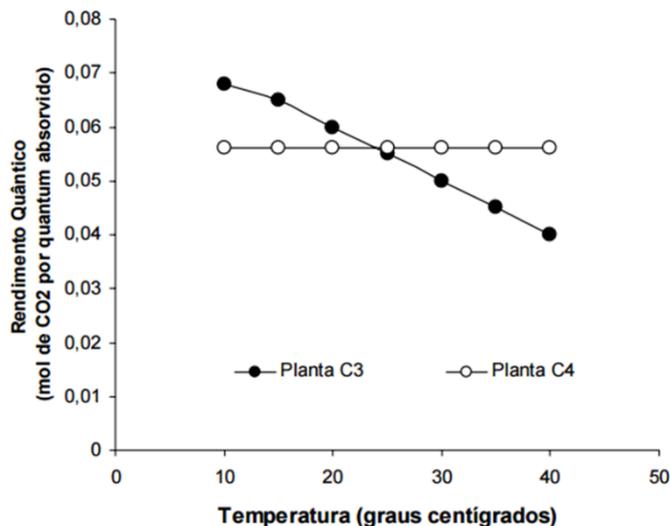
❖ **Clima – Planta:** Os efeitos do clima sobre a planta são verificados pela ação da radiação solar (luminosidade) e temperatura influenciando os processos de fotossíntese, respiração, divisão e alongamento celular, os quais afetam também a produção de MS. A disponibilidade térmica também tem influência direta na fenologia das plantas. Temperaturas mais elevadas aceleram o desenvolvimento vegetal, enquanto que baixas temperaturas prolongam o ciclo. Se a oscilação térmica anual for acentuada, com inverno rigoroso, muitas espécies perenes entram em período de repouso (dormência), retornando ao ciclo vegetativo anual tão logo as condições térmicas se tornem adequadas. As chuvas, ou a precipitação, que afeta também processos enzimáticos no interior da planta e absorção e transporte de nutrientes, os quais dependem de água.

Os efeitos do clima dependem do tipo de planta (C3 ou C4). Gramíneas temperadas e leguminosas tropicais e temperadas usam a via C3 para a fotossíntese. Nessa via, o CO<sub>2</sub> penetra no mesófilo através dos estômatos, sendo é capturado por um complexo enzimático altamente sofisticado chamado de Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase (RUBISCO). O primeiro produto resultante da incorporação do CO<sub>2</sub> é um composto de 3 carbonos (3PGA) e por isto é chamada de via C3. Sabe-se que a RUBISCO tem também afinidade pelo oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) e as reações associadas à absorção do oxigênio molecular pelas folhas é chamada de FOTORESPIRAÇÃO. Quando ocorre aumento da concentração de O<sub>2</sub> molecular resultante da elevação da respiração da planta pelo aumento da temperatura, por exemplo, aumenta a probabilidade da RUBISCO capturar O<sub>2</sub> ao invés de CO<sub>2</sub>. Com isto, a planta tem que lidar com uma assimilação aparentemente indesejável de O<sub>2</sub>. Indesejável porque ao entrar na planta o O<sub>2</sub> tem o potencial de formar radicais livres que são altamente deletérios para o metabolismo. Desta forma, o sistema tem que gastar uma quantidade razoável de energia e nutrientes (O custo da fotorespiração para a fotossíntese do tipo C3 está entre 30 a 50%) para evitarem danos sérios, livrando-se do O<sub>2</sub>. Por este raciocínio, a fotorrespiração seria um “peso” para o metabolismo C3, roubando energia que poderia ser usada para o crescimento.

Algumas plantas, principalmente gramíneas tropicais (cana-de-açúcar e milho p.ex.) e parte das bromélias, desenvolveram um sistema complementar à via C3 chamado de via C4. Este sistema permite à folha o armazenamento de ácidos com 4 carbonos antes de estes serem captados pela RUBISCO. Neste caso há uma mudança morfológica importante que é a existência de uma

bainha vascular, uma camada adicional de células que envolve os feixes vasculares. O  $\text{CO}_2$  é captado nestas células do mesófilo pela enzima Fosfo Enol Piruvato carboxilase (PEPcarboxilase), presente nas células do mesófilo, a qual forma um composto de 4 carbonos que poderá ser descarboxilado a 3PGA e usado pela RUBISCO, presente nas células da bainha vascular. Este mecanismo causa um aumento espetacular na concentração de  $\text{CO}_2$  na célula da bainha em relação à do mesófilo. A RUBISCO fica em uma situação em que a concentração de substrato é muito alta, evitando a competição do oxigênio que leva à fotorrespiração. Como um dos grandes problemas das plantas é a perda de água pelos estômatos quando estes estão abertos para permitir a entrada do  $\text{CO}_2$ , o mecanismo C4, ao aumentar em dez vezes a concentração deste gás nas células da bainha vascular, acaba evitando a perda de água, pois o aproveitamento do  $\text{CO}_2$  é muito melhor do que em plantas C3. Há várias consequências importantes da presença da bainha vascular. Uma delas é que as taxas de absorção de  $\text{CO}_2$  são muito mais altas, pois o sistema pode armazenar mais carbono de forma intermediária (no ácido C4) tornando a planta relativamente menos dependente de controlar a abertura e fechamento de estômatos para prevenir a perda de água.

a) Enquanto as plantas C4 têm desempenho constante em **temperaturas** que variam entre



10 e 40° C, as C3 apresentam uma queda linear em desempenho (quantidade de  $\text{CO}_2$  assimilada por unidade de energia ou quantum absorvido) quando se aumenta a temperatura (Figura 3).

Figura 3 - Rendimento comparado de plantas C3 e C4.

Fonte: <http://felix.ib.usp.br/pessoal/marcos/minhawe3/PDFs/Pratica%20fotossintese.pdf>

b) O fato de as plantas C4 lidarem melhor com temperaturas mais altas também permite que seus sistemas de captação de luz possam suportar **intensidades luminosas** muito maiores. As espécies C4 têm maior fotossíntese líquida em alta irradiância. Isso ocorre devido ao fato de que a fotorrespiração é um processo quase ausente nestas plantas, ou seja, a fotossíntese líquida não é inibida pela alta concentração de  $\text{O}_2$  em altas temperaturas e irradiâncias. Assim, as plantas C4 apresentam melhor performance em altas temperaturas e altas irradiâncias devido à menor perda de carbono pela fotorrespiração.

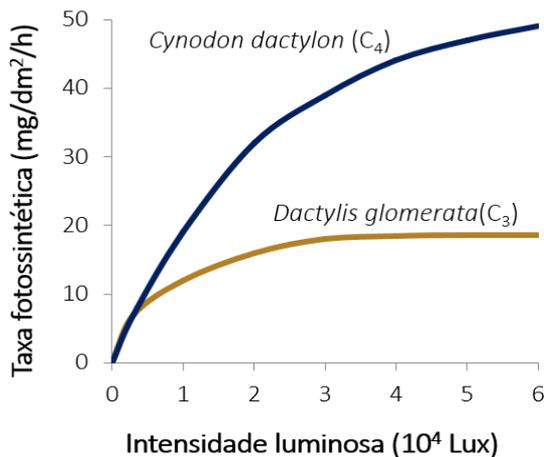
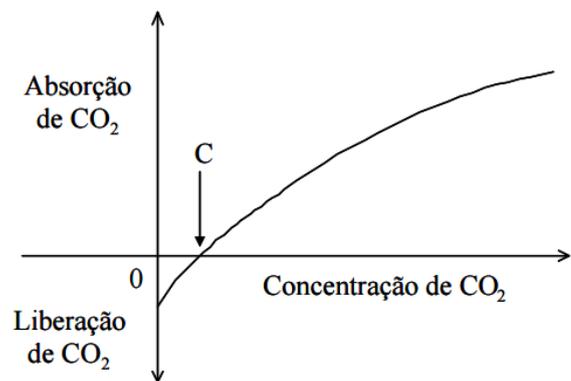


Figura 4 - Taxa fotossintética de plantas C3 e C4 com aumento na intensidade luminosa.

Fonte: Adaptado de xxx

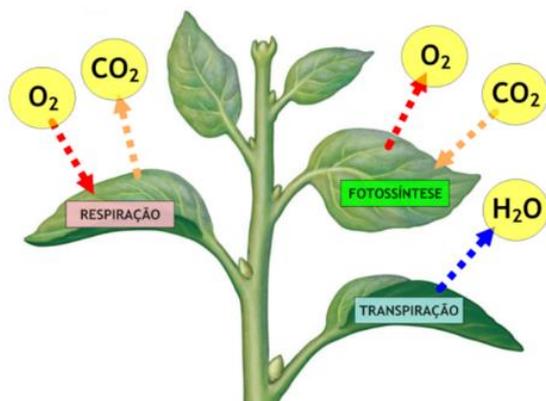
c) Uma outra questão importante é como os dois tipos de planta lidam com a **água**. As plantas C4 são bem mais eficientes que as C3 em lidar com a água. Como mencionado, isto se deve à maior eficiência em captar e armazenar o carbono oriundo do CO<sub>2</sub>, isto é, a bomba de armazenamento do ácido de quatro carbonos, o que permite às plantas C4 um gerenciamento melhor da abertura estomática, que é um processo fundamental no controle da transpiração foliar.

d) O **ponto de compensação de CO<sub>2</sub> (C)** é quando a fotossíntese e a respiração se equivalem, ou seja, é o limite em que a planta sobrevive, porque se a respiração for maior que a fotossíntese, ela morre. As plantas C4 apresentam um baixo ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, ou seja, com baixa concentração elas atingem um balanço entre a fotossíntese bruta (FB) e a respiração (R) (fotossíntese líquida é zero). Em plantas C3, maiores concentrações de CO<sub>2</sub> são necessárias para compensar o gasto respiratório da planta e tornar a fotossíntese líquida positiva (FB>R)



<b>Tabela 1. Comparação geral entre os desempenhos dos sistemas fotossintéticos dos tipos C3 e C4 em plantas</b>		
	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Fotorrespiração	SIM	NÃO
Ponto Compensação CO <sub>2</sub>	20 - 100	0 - 5
temperatura ótima	20 - 25	30 -45
efic. quântica x temperatura	diminui	estável
taxa transpiração	500 - 1000	200 - 350
saturação de luz	400 - 500	>2000

Fonte: <http://felix.ib.usp.br/pessoal/marcos/minhawe3/PDFs/Pratica%20fotossintese.pdf>



❖ **Planta- Clima:** Durante a fotossíntese, as plantas removem o dióxido de carbono da atmosfera. O sequestro de carbono é ainda maior na fase de crescimento da planta. Além disso, as plantas reduzem a temperatura do ambiente devido ao processo de evapotranspiração, que libera a umidade no ar.

❖ **Clima-Solo:** O clima afeta sobremaneira o solo, por um processo denominado **intemperismo**, que consiste na alteração física e química das rochas e de seus minerais por ação de chuva e temperatura. Dessa forma, os fatores climáticos causam um processo de decomposição e desagregação das rochas, originando o solo.

Outro efeito importante do clima sobre o solo se refere ao impacto das gotas de chuva sobre as partículas do solo. As gotas de chuva atuam "bombardeando" o solo, e provocam a desagregação das partículas. Com isso, agregados de partículas do solo são rompidos pelo impacto das gotas de chuva e as partículas que o compunham passam a se depositar na superfície do solo, reduzindo os poros que absorvem a água no mesmo. Desse modo, com menos poros para absorver água, há uma diminuição da velocidade de infiltração de água no solo, estando esta mais sujeita a correr na superfície do mesmo em um processo denominado escoamento superficial que, em regiões tropicais, é o grande causador de erosão dos solos.



Figura 5 - Quando chove, gotas com até 6 mm de diâmetro bombardeiam a superfície do solo com velocidade de impacto de até 32 km/h. Essa força dispersa e joga partículas de solo e de água para todas as direções numa distância de até 1 m.

Fonte: Rolf Derpsch. Revista Plantio Direto, edição 113, setembro/outubro de 2009.

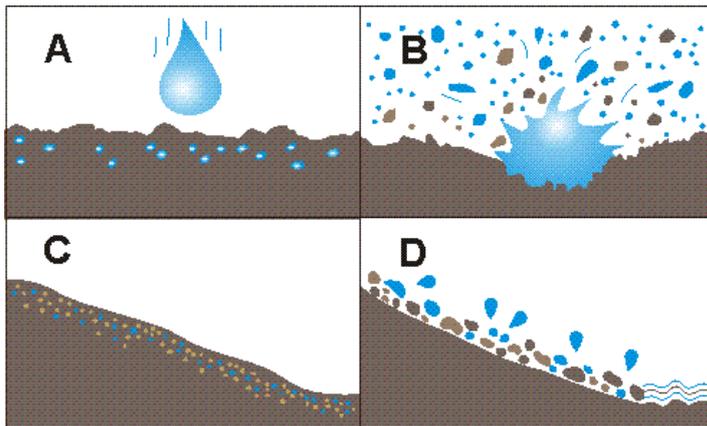


Figura 6 - Fases do processo de erosão. O impacto da gota de chuva sobre o solo desnudo (A) causa a fragmentação e formação de pequenas partículas (B) que bloqueia os poros e formam uma superfície selada (C). A água que escorre carrega partículas de solo que são depositadas nas partes baixas onde a velocidade da água é reduzida (D) (Derpsch et al. 1991).

❖ **Solo-Clima:** O solo também afeta o clima, por meio dos processos de **respiração**, nitrificação e desnitrificação. O termo respiração do solo representa a perda de  $\text{CO}_2$  do solo para atmosfera, através da respiração de raízes, e respiração dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica. No estudo do ciclo do carbono, esse fluxo, representa um dos mais importantes processos do ciclo global do carbono em ecossistemas terrestres. A produção de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo está associada principalmente ao processo de desnitrificação, resultado da respiração microbiana dentro do ciclo do N, responsável em retornar o N fixado para biosfera. A **desnitrificação** é o fenômeno de transformação de nitratos e outras substâncias em gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) pela ação de bactérias desnitrificantes. No solo, além das bactérias de nitrificação existem outros tipos, como as *Pseudomonas denitrificans*. Por esse processo, uma parte dos nitratos do solo é remetida novamente à atmosfera na forma de gás nitrogênio, fechando assim o ciclo e equilibrando a taxa de nitrato no solo.

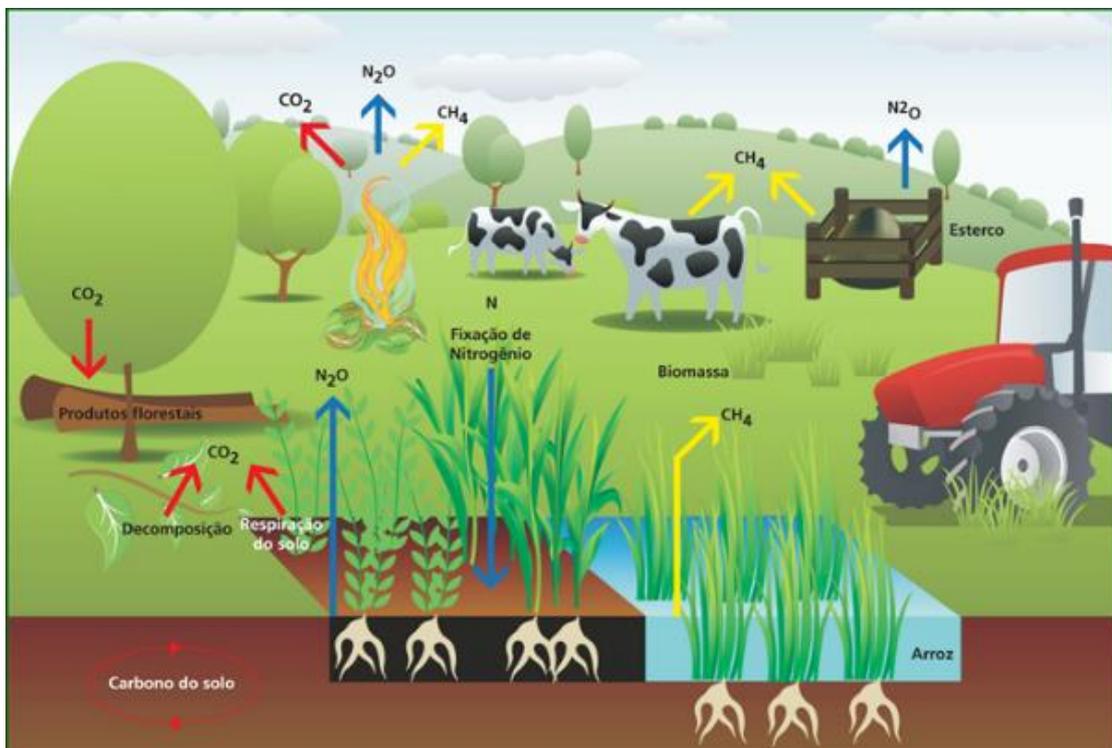
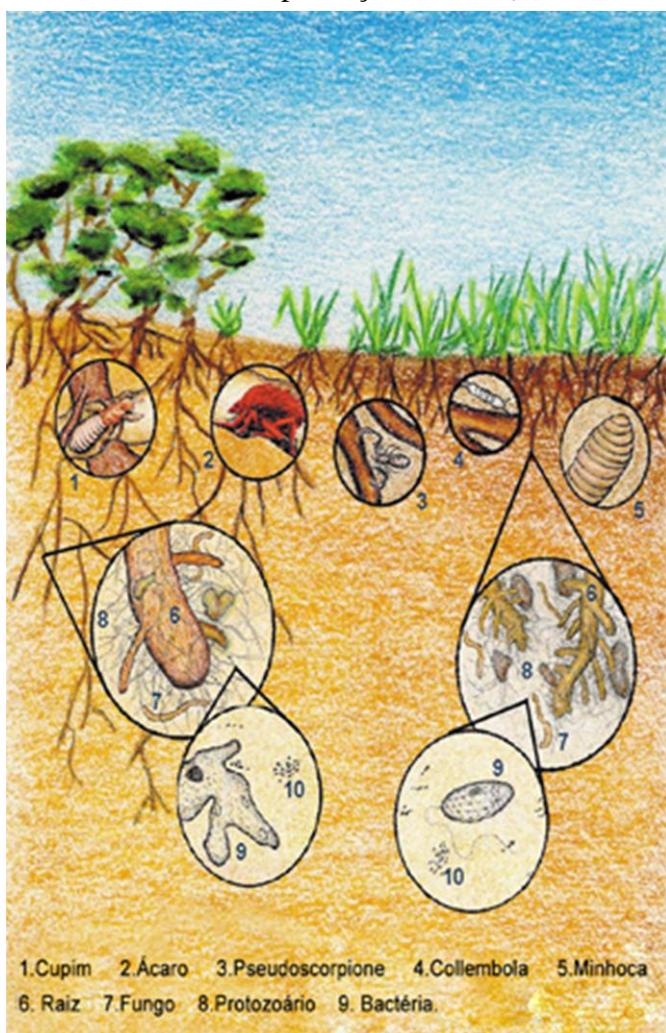


Figura 7 – Principais fontes e sumidouros de gases de efeito estufa na agropecuária.  
Fonte: [http://www.agrosustenta.com.br/ciclo\\_de\\_carbono](http://www.agrosustenta.com.br/ciclo_de_carbono)

O metano (CH<sub>4</sub>) também pode ser emitido pelo solo. O CH<sub>4</sub> é um dos produtos da etapa final de decomposição de materiais orgânicos em meio anaeróbico, mediada por microrganismos metanogênicos, especialmente bactérias. A emissão de metano é favorecida em condições de solos alagados, onde a quantidade de oxigênio no solo é baixa, o que favorece a proliferação de microrganismos anaeróbios.

❖ **Clima-Animal:** O clima pode interagir com os animais alterando suas respostas fisiológicas, comportamentais e produtivas. Altas temperaturas causam uma insatisfação fisiológica que obrigam os animais a reagirem na tentativa de restabelecer a homeotermia: diminuem o consumo de alimento, diminuem o metabolismo e aumentam vasodilatação periférica favorecendo a dissipação de calor na forma sensível (condução, convecção e radiação). Só que para restabelecer a homeotermia, há um gasto de energia. Ou seja, a energia que seria usada para reprodução e produção é usada para acabar com o estresse térmico, diminuindo assim, o desenvolvimento e produção animal (Raslan, 2008).



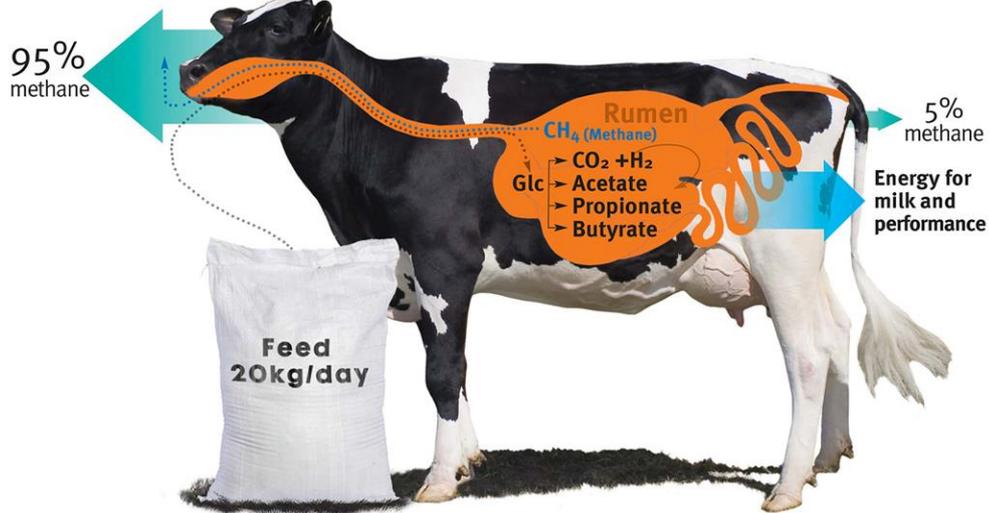
O clima também afeta a fauna edáfica do solo, que é composta por animais invertebrados que passam uma parte do ciclo vital ou toda a vida no solo. A mesofauna do solo compreende os organismos, como ácaros, colêmbolos, alguns grupos de miriápodes, aracnídeos e diversas ordens de insetos, alguns oligoquetos e crustáceos. O aumento do número de indivíduos, a diversidade e a uniformidade de espécies da fauna do solo ocorre pela disponibilidade de condições ambientais, que favorecem a reprodução dos invertebrados como a melhoria das deposições de resíduos vegetais. A lavração, a queimada, a exposição do solo à radiação solar, resultando na elevação da temperatura do solo, e o uso de adubos amoniacais fazem com que a maioria da mesofauna desapareça.

❖ **Animal-Clima:** Os bovinos são capazes de converter plantas em carne e leite, mas a digestão anaeróbica dessa matéria orgânica no rúmen libera metano, um gás 21 vezes mais potente em causar efeito estufa do que o CO<sub>2</sub>. Esse gás é eliminado principalmente pela boca do boi, portanto é o arroto do animal que causa poluição. Menos de 10% do metano é eliminado pelo intestino.

Como citado anteriormente, a fauna do solo (que também é um componente animal do ecossistema) pode afetar a estrutura do solo, misturando partículas orgânicas e minerais,

redistribuindo a matéria orgânica e microrganismos, promovendo a humificação e produzindo pelotas fecais, atuam na deterioração de raízes e brotos, auxiliando o crescimento das plantas. Esses animais podem interferir direta ou indiretamente sobre o clima por meio dos processos de respiração do solo, nitrificação e desnitrificação.

A cow emits 500l of methane per day, which is equivalent to 10% of the energy she would otherwise use for performance and milk production



Assumindo a complexidade do ecossistema, as ações de manejo afetarão diretamente a porção do ecossistema na qual é aplicada e, indiretamente, as demais. Dessa forma, as tomadas de decisão devem ser avaliadas considerando-se as possíveis alterações em todas as porções do ecossistema de forma a maximizar a utilização dos recursos, garantindo sua eficiência biológica e econômica, sem comprometer a sua estabilidade.

**Animal-Planta:** Os ruminantes afetam a planta de forma positiva ou negativa. A remoção da área foliar pelo pastejo e o pisoteio em partes da planta representam aspectos negativos dessa interação para a planta, mas positivo para o animal (consumo). A deposição de fezes e urina representa um efeito positivo do animal à planta, pois fornece nutrientes.

A liberação de nutrientes para absorção pelas plantas, a incorporação de nitrogênio ao sistema solo-planta pelas bactérias são efeitos benéficos do componente animal (macro e microrganismos) do solo. Entretanto, um efeito negativo do componente animal sobre a planta se refere ao efeito de insetos, lagartas, cupins e formigas. Esses animais consomem a parte aérea da



- Durante o pastejo:
- há **herbivoria** (desfolhação)
  - há **pisoteio**
  - o animal **defeca e urina**



planta, ou provocam danos aos caules e brotos (sugadores), podendo causar grandes prejuízos a produção vegetal.



❖ **Planta-Animal:** A planta exerce efeitos positivos ao animal ruminante, uma vez que é responsável pelo fornecimento do alimento para este. Também fornece o substrato para atuação do componente animal do solo, por meio da senescência e morte das folhas, colmos e raízes. O efeito negativo dessa interação está na oscilação sazonal de crescimento da planta, onde há alternância entre períodos de crescimento acelerado e lento, e na variação em valor nutritivo da planta ao longo do ciclo fenológico, os quais afetam o consumo e desempenho do animal ruminante.

Relembrando que plantas C3 e C4, em função da estrutura das folhas, possuem valor nutritivo diferente, o que afeta a habilidade do ruminante em digerir e aproveitar os componentes da folha. Além disso, algumas plantas possuem substâncias antinutritivas ou fatores antinutricionais que afetam o animal.

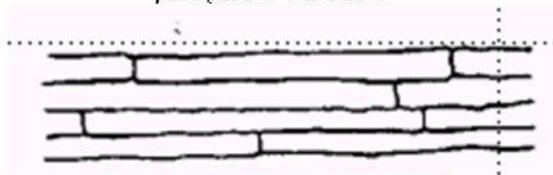
## Diferenças entre plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>

### • Plantas C<sub>3</sub>

- Parede celular mais fina e maior conteúdo no mesófilo

#### Plantas C<sub>3</sub>

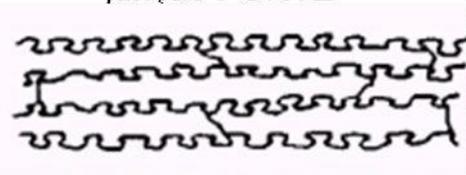
Células epidérmicas com paredes de superfície lisa: junção FRACA



Nas lâminas os espaços intercelulares representam de 10 a 35% da área do mesófilo.

#### Plantas C<sub>4</sub>

Células epidérmicas com paredes de contorno sinuoso: junção FORTE

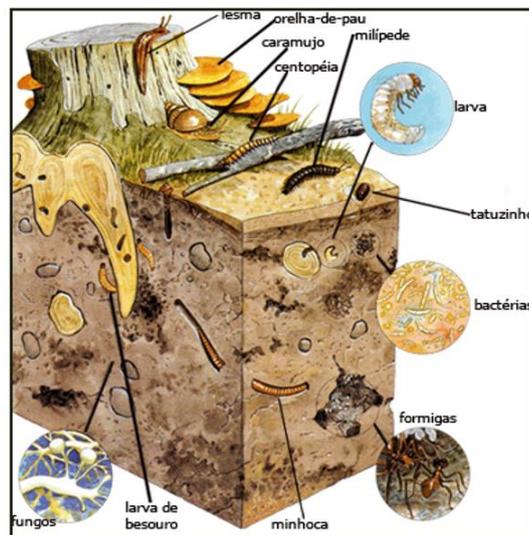


Nas lâminas os espaços intercelulares representam de 3 a 12% da área do mesófilo.

**Permite aos microrganismos ruminais rápido acesso às PC das células**

Akin (1976)

**Animal-Solo:** Os ruminantes afetam o solo de forma positiva ou negativa. Os animais ruminantes auxiliam na incorporação de nutrientes por meio da deposição de fezes e urina, a fauna do solo auxilia na transformação destes nutrientes em matéria orgânica, tornando-os disponíveis para absorção.



#### Reciclagem de nutrientes:

- Anelídeos se alimentam de MO do solo e seus coprólitos são ricos em nutrientes

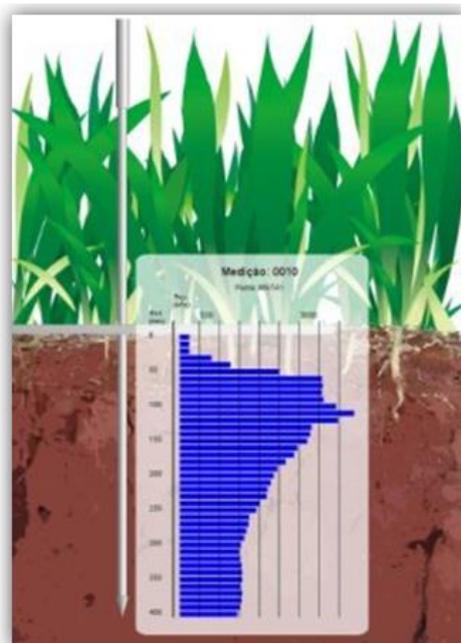
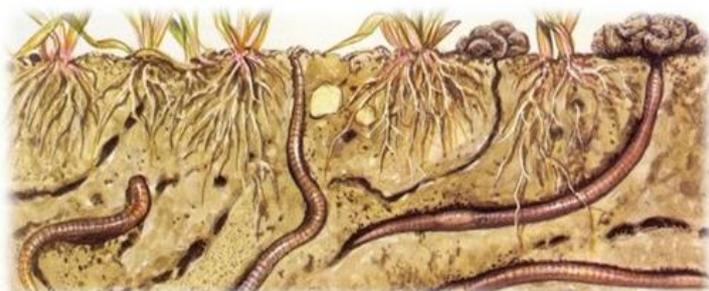


- Insetos também ajudam na incorporação da MO

O componente animal que vive no solo (anelídeos, coprófagos, etc.) atua formando galerias no solo, que melhora sua aeração e auxiliam no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Entretanto, os animais ruminantes também podem causar efeitos negativos, representado pela compactação das camadas superficiais do solo quando o manejo da pastagem não está adequado. Essa compactação impede a infiltração da água, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular e a absorção de nutrientes pelas plantas.

## Compactação:

- Em pastagens mal manejadas, o pisoteio dos animais em pastejo promove a compactação do solo



## Aeração:

- Diversos organismos (insetos, anelídeos, bactérias, fungos, moluscos, etc.) podem promover aeração melhorando a estrutura do solo

**Solo-Animal:** O solo, por sua vez, interfere sobre o componente animal que o utiliza como meio para sobreviver. Solos mal drenados, com pouca cobertura vegetal (decorrentes de manejo incorreto) prejudicam a sobrevivência desses organismos.

**Planta-Solo:** Os efeitos positivos da planta sobre o solo se verificam pela reciclagem de nutrientes (incorporação dos nutrientes absorvidos nos tecidos vegetais e retorno ao solo por meio da senescência e morte), aeração e estruturação do solo, por meio da renovação de raízes, cobertura e proteção do solo contra o impacto das gotas da chuva e do pisoteio pelo animal. Impactos negativos serão verificados se a extração de nutrientes for elevada e não houver reposição por meio da adubação. Quando a retirada de nutrientes é elevada, isso levará ao empobrecimento do solo.

**Solo-Planta:** O solo é um recurso natural essencial à sobrevivência dos seres vivos, visto que, nos ecossistemas, contribui para o crescimento das plantas e para a regulação e a participação do fluxo de água no ambiente, funcionando como um tampão ambiental, na formação, atenuação e degradação de compostos naturais. O solo é o substrato para a fixação da planta e fornece os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento. Efeitos negativos do solo sobre a planta serão verificados se o solo for ácido ou pobre em nutrientes, o que afetará o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea,



Frequentemente, afirma-se que a produção de ruminantes em pastagens é danosa ao meio ambiente. Diversos autores contradizem tal afirmativa e demonstram que as explorações de ruminantes, quando concebidas e conduzidas respeitando as exigências de cada componente do ecossistema, podem e devem ser consideradas como “sequestradoras de carbono”.

Os ecossistemas de pastagens bem manejados contribuem de diversas maneiras para o ambiente sustentável: as terras mais suscetíveis à erosão, ou com outras limitações, podem ser empregadas em caráter permanente; as terras utilizadas pela agricultura são beneficiadas pela inclusão de pastagens no programa de rotação de culturas; os ciclos de plantas e insetos indesejados são interrompidos; a vida do solo aumenta com os incrementos de matéria orgânica advindos do manejo adequado das pastagens; a estrutura do solo melhora e a compactação diminui.

Para tanto, o caráter interativo dos componentes solo-planta-animal-meio e o conhecimento das respostas de plantas, animais e do solo a estratégias de manejo da pastagem e do pastejo é essencial para a concepção, o planejamento e a implementação de sistemas de produção eficientes, sustentáveis e competitivos.

### 3. Princípios de taxonomia vegetal

Ao longo da História, diversos sistemas de classificação de plantas foram elaborados, permitindo a ordenação das espécies em grupos, segundo diferentes conjuntos de atributos. Inicialmente, a morfologia externa ou organografia ofereceu a base para identificação dos seres vivos, ao tratar de caracteres de fácil reconhecimento. Posteriormente, a contribuição da anatomia, da genética e da química, aliada a estudos paleontológicos, embriológicos e fitogeográficos, foi relevante para a delimitação e a separação dos grupos atuais.

**Taxonomia ou sistemática** é, portanto, a ciência da classificação dos organismos. **Caracteres taxonômicos** são as características utilizadas para identificar e separar grupos de indivíduos. Os objetivos da taxonomia são identificar, dar nomes e descrever os organismos; cataloga-los segundo seus grupos; organizar sistemas de classificação que permita compreender o parentesco entre indivíduos e entender os processos evolutivos. Os caracteres utilizados na classificação dos seres vivos são denominados de caracteres taxonômicos e são atributos de um indivíduo, considerados isoladamente ou comparativamente a outros caracteres de seres de espécie idêntica ou diferente. A ordenação dessas espécies de forma hierárquica, ou seja, de acordo com critérios adotados, é denominada de **classificação**.

A categoria taxonômica mais ampla na classificação dos seres vivos é o reino. Na classificação biológica existem cinco reinos principais:

Reino Monera: Seres procariontes como a bactéria e a cianobactéria.

Reino protista: Seres unicelulares eucariontes, como protozoários e algas unicelulares.

Reino Fungi: fungos como os cogumelos, leveduras, bolares e mofos.

Reino Metafita: Plantas.

Reino Metazoa: Animais.

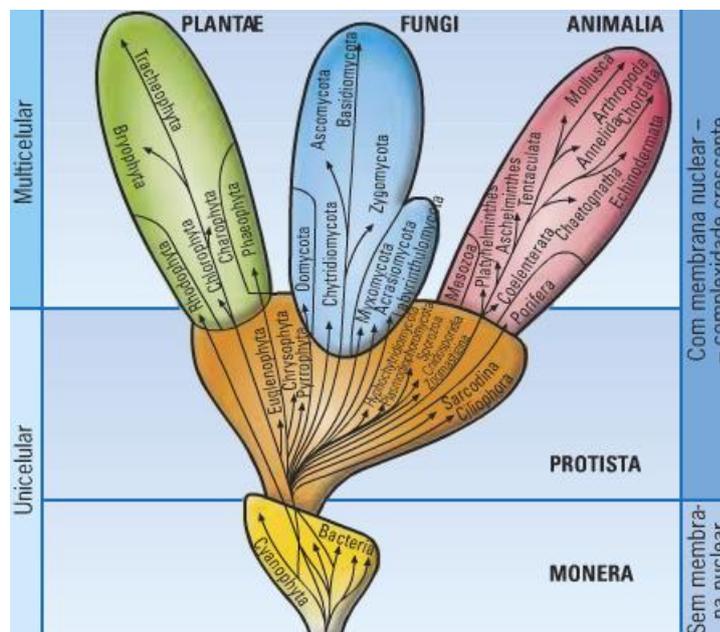


Figura 8: Cinco reinos principais da classificação biológica.

Fonte: <http://www.colegiovascodagama.pt/ciencias3c/onze/biologiaunidade8sistemacla.html>

As categorias seguintes da classificação taxonômica são: Divisão (Filo) → Classe → Subclasse → Ordem → Família → Subfamília → Tribo → Gênero → Espécie.

As gramíneas e as leguminosas pertencem a mesma divisão mas são de classes diferentes (Figura 9).

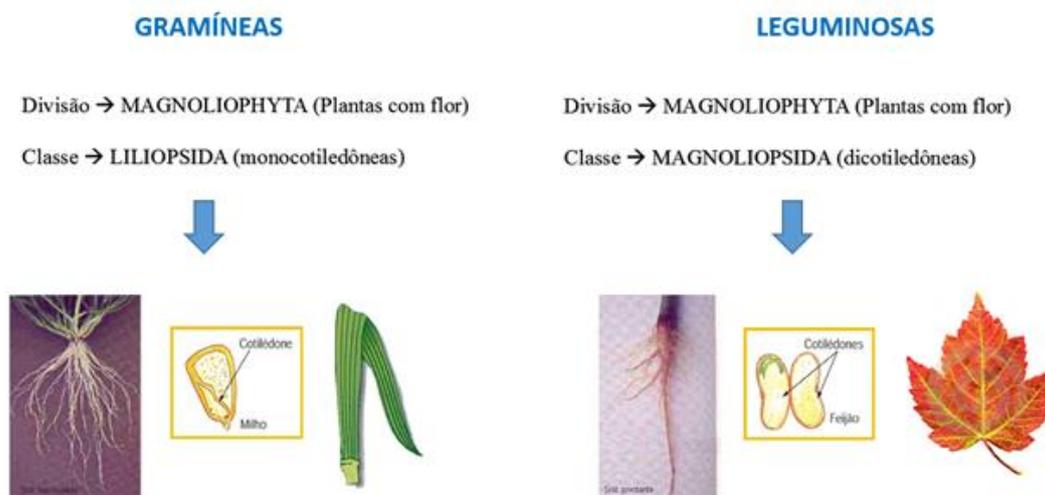


Figura 9- Classificação das gramíneas e leguminosas  
Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

A categoria básica da hierarquia taxonômica é a espécie, que pode ser definida como a menor população permanentemente distinta e distinguível das demais, e cuja troca gênica é livre (entrecruzamento possível, originando descendentes férteis).

O nome de uma espécie consiste de duas partes: a primeira, denominada gênero e também chamada de denominação genérica, e a segunda denominada epíteto específico. A combinação gênero + epíteto específico é chamada de **basônimo**. Assim, o nome científico de uma planta combina o gênero e o epíteto específico, sem terminações fixas, e deve ser acompanhada do nome do autor e aparecer em destaque no texto (itálico, negrito ou sublinhado).

Quando desejamos nos referir ao conjunto de espécies de um mesmo gênero usamos a denominação genérica. Entretanto o uso do epíteto específico isoladamente não tem significado.

Ex. gênero *Panicum*, espécie *Panicum maximum*.

Como existem muitas variações, que colocadas após o nome científico (espécie), servem para caracterizar exatamente uma determinada forrageira, criou-se então, os termos "variedade" (var.) e "cultivar" (cv.).

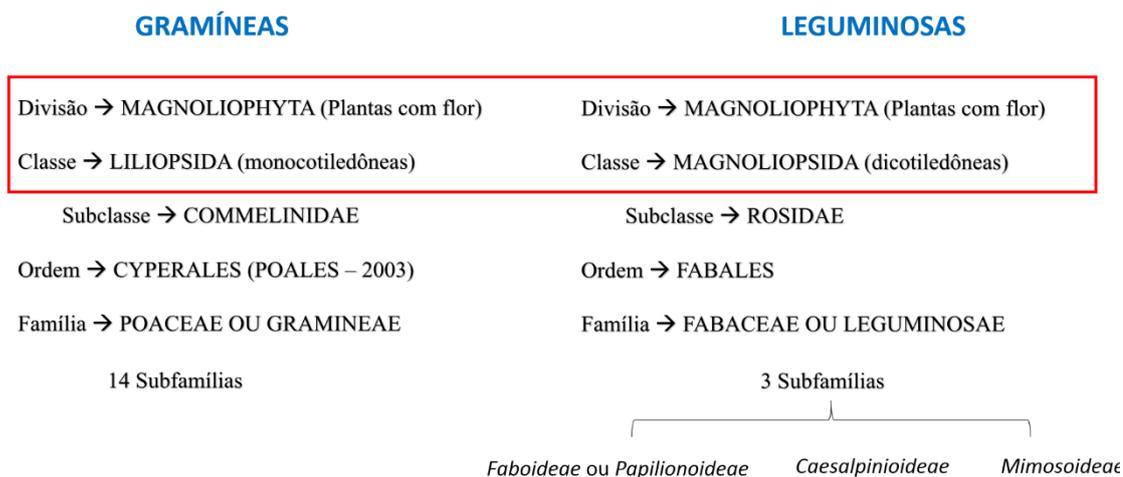
a) a variedade (var.) – utilizada quando a planta se distingue das demais espécies através de caracteres botânicos e ocorrendo de forma natural.

b) o cultivar (cv.) - empregado quando a planta foi criada pelo homem através de melhoramento genético ou quando uma variedade é intensamente cultivada pelo homem.

Quando uma espécie muda de gênero, o nome do autor do **basônimo** (autor que deu o primeiro nome da planta) deve ser citado entre parênteses, seguido pelo nome do autor que fez a nova combinação.

Ex.: *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake.

As plantas forrageiras de maior interesse na Área de Forragicultura e Pastagens pertencem à Família *Poaceae* (Gramíneas) e *Fabaceae* (Leguminosas), ocorrendo em menor proporção as plantas de outras famílias (Figura 10).



\*Classificação segundo o sistema Cronquist - *The Evolution and Classification of Flowering Plants* (1968; segunda edição, 1988)

Figura 10- Classificação de gramíneas e leguminosas.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

## 4. Classificação das plantas forrageiras

Independentemente do hábito de crescimento (plantas cespitosas, estoloníferas, rizomatosas, etc.), as plantas forrageiras podem ser classificadas com relação ao período de maior produção de forragem em hibernais e estivais.

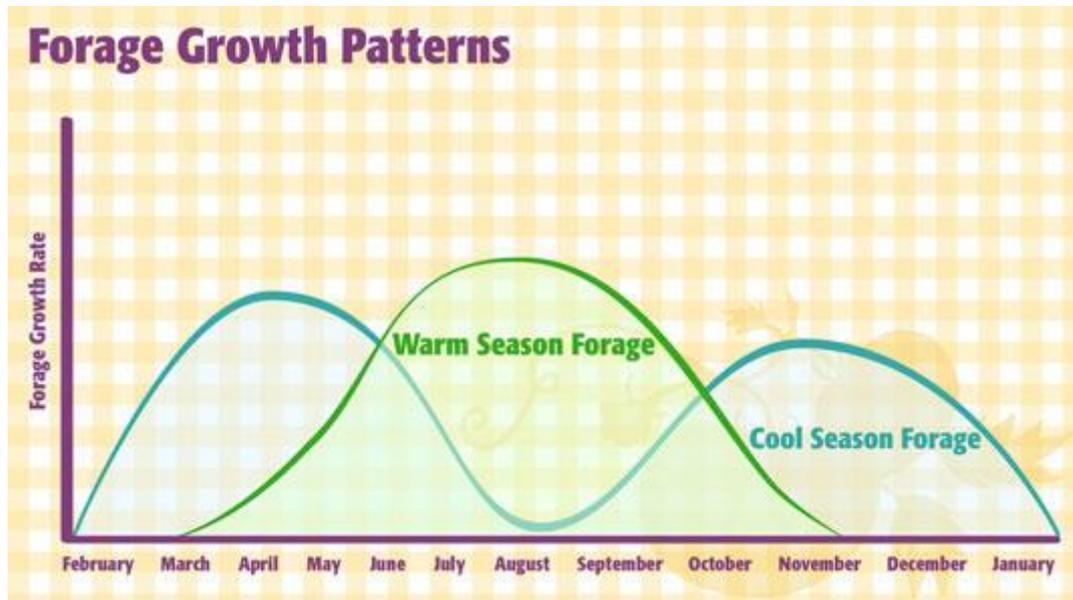


Figura 11 - Padrões de crescimento de espécies forrageiras de ciclo hibernais e estival.

Fonte: <http://www.groworganic.com/organic-gardening/articles/how-to-choose-the-right-pasture-seed>

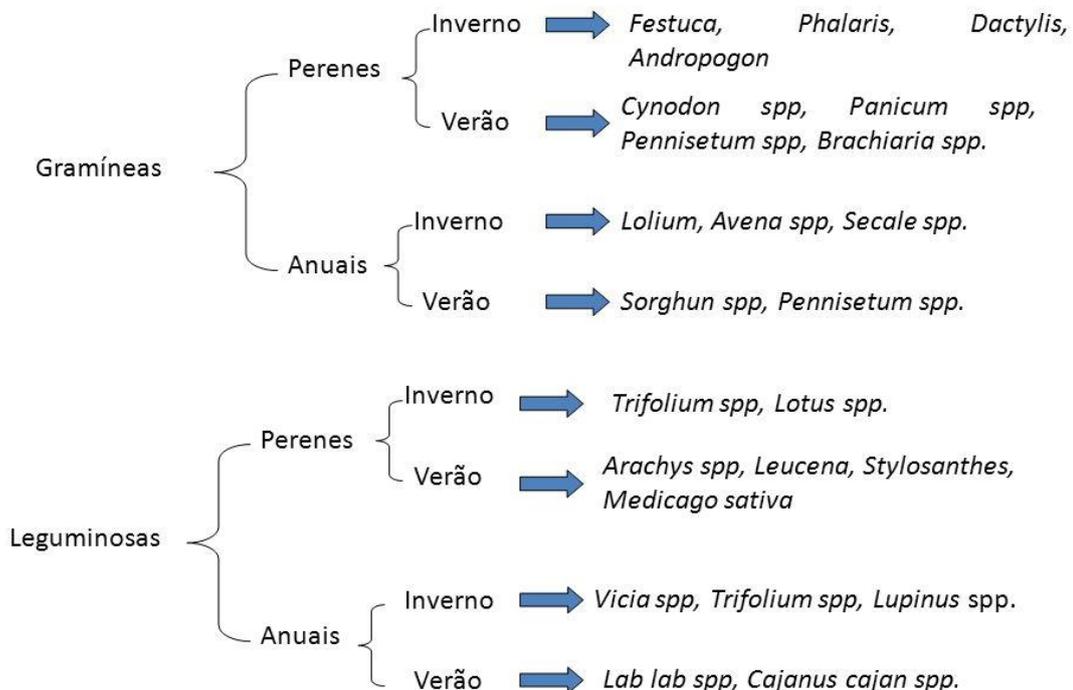


Figura 12 - Esquema com exemplos de espécies forrageiras anuais e perenes de ciclo hibernais e estival.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/3817545/>

a) **Hibernais** - São forrageiras de **clima temperado**, de dias menos ensolarados, geralmente de menor potencial de crescimento, caules finos e folhagem tenra. São semeados no outono (tanto as perenes como as anuais), sendo utilizadas durante o inverno e também na primavera.

b) **Estivais**: são forrageiras de **clima tropical**, com elevado potencial de crescimento, colmos grossos e folhas largas. Requerem bastante luz e calor, são sensíveis ao frio intenso, permanecendo com vida apenas os órgãos inferiores (raiz e base da planta), onde acumulam reservas nutritivas para rebrotar na primavera. São semeadas na primavera, com maior produção no verão e outono, e quando entra o inverno, as perenes entram em repouso vegetativo e as anuais morrem.

Com relação à duração do ciclo de desenvolvimento (tempo desde a emergência até o período reprodutivo e morte), as plantas podem ser **anuais, perenes ou bienais**. Plantas bienais ou bianuais normalmente permanecem em crescimento vegetativo no primeiro ano e apenas no segundo ano entram em período reprodutivo e produzem sementes.

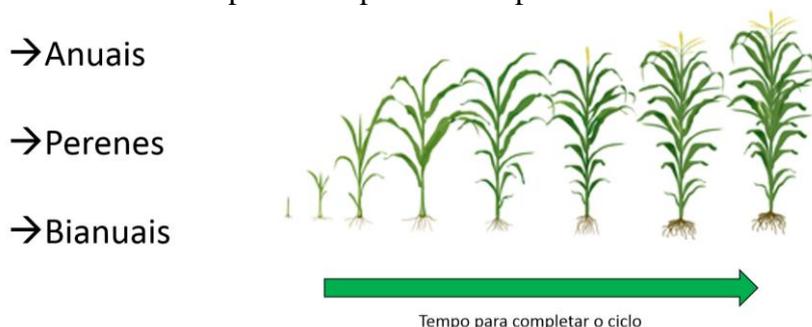


Figura 13 – Classificação segundo a duração do ciclo de crescimento.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

O ciclo de desenvolvimento de uma planta se inicia com a germinação, passando pelas fases de crescimento vegetativo, reprodutivo e morte. Dessa forma, podemos classificar as fases de desenvolvimento da planta em:

1. **Fase vegetativa:** Inicia-se na germinação da semente e emergência da plântula. A seguir, a planta passa pelas fases de desenvolvimento da área foliar e perfilhamento.
2. **Fase de transição ou alongamento de colmos:** Consiste em uma fase de transição do período vegetativo (onde produz folhas e perfilhos) para o período reprodutivo. Nessa fase a planta muda sua estrutura e arquitetura, e inicia o alongamento de colmos e a emissão das folhas bandeira para enchimento dos grãos da inflorescência. Também chamada fase de emborrachamento.
3. **Fase reprodutiva:** Não ocorre mais emissão de novas folhas. Todos os assimilados da planta são destinados ao enchimento e maturação de grãos na inflorescência.

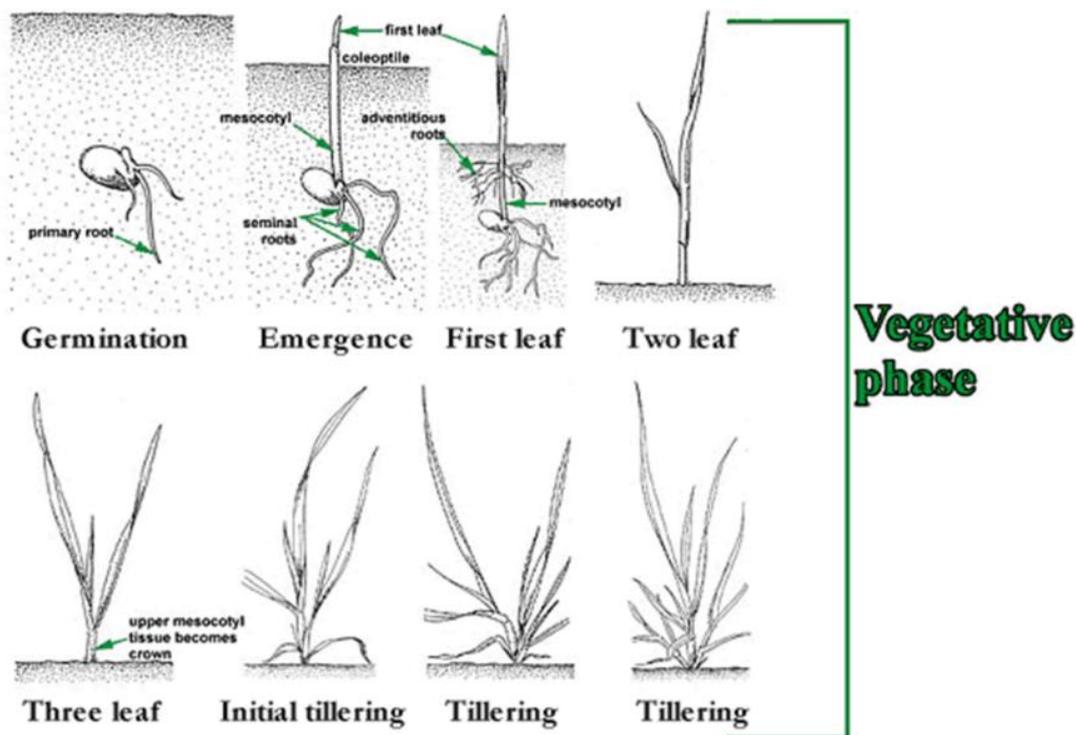


Figura 14 – Fase vegetativa de desenvolvimento.

Fonte: Oregon State University (2000).

Disponível em: <http://driftlessprairies.org/cool-season-grass-management/>

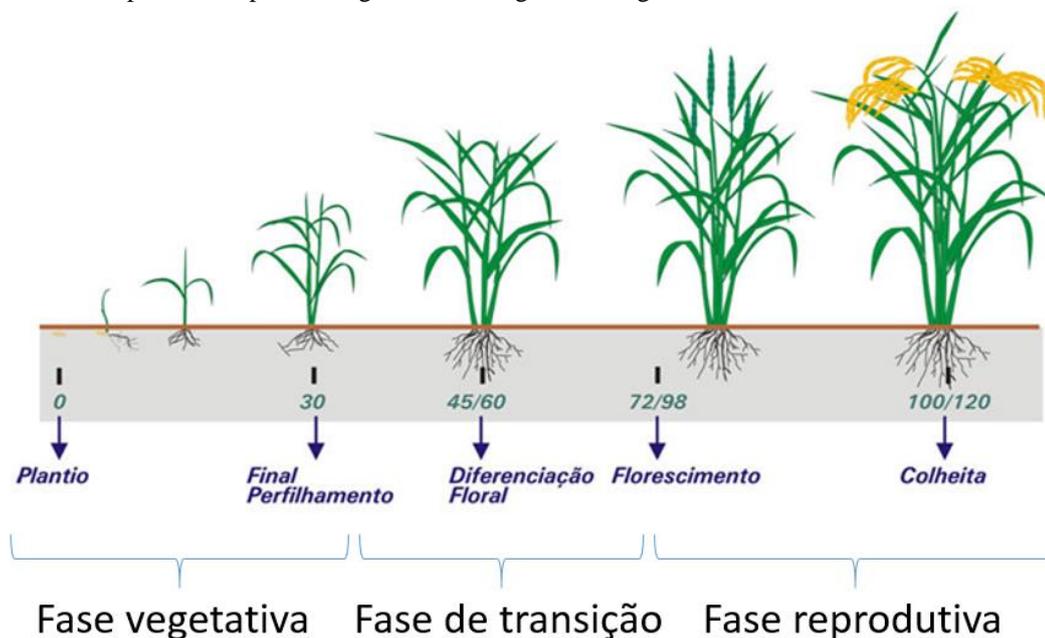


Figura 15 – Fases de desenvolvimento da planta.

Fonte: adaptado de COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.L.A. Uniform and adaptive system for expressing rice development. Crop Science, Madison, 40:436-443. 2000.

Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclgydut.html>

## 5. Morfologia de gramíneas e leguminosas

### 5.1 Introdução

É importante ter o conhecimento da morfofisiologia do desenvolvimento, do crescimento das plantas forrageiras e de suas respostas à desfolhação para entender e utilizar de forma adequada as ferramentas de manejo da pastagem.

A estrutura morfológica das gramíneas é muito similar entre as espécies. A pastagem consiste em uma população de plantas (comunidade vegetal), sendo que cada planta é chamada de perfilho (tiller). O perfilho é considerado a unidade de crescimento (unidade vegetativa) das gramíneas forrageiras.

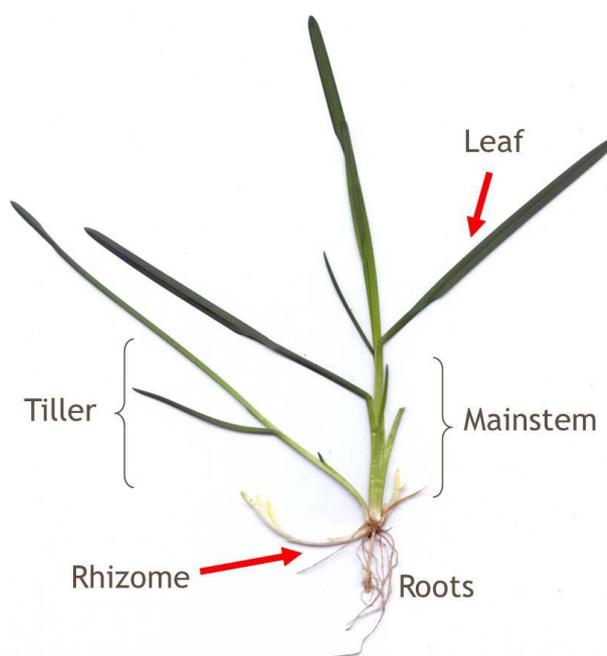


Figura 16 – Partes de um perfilho.

Fonte: <http://blogs.oregonstate.edu/seedproduction/2013/12/24/tillers-rhizomes-stolons/>

Nas gramíneas, o crescimento do perfilho depende da contínua formação de fitômeros. Um **fitômero** é composto bainha, lâmina foliar, nó, entrenó e gema axilar (Figura 17), que se diferenciam a partir de um meristema apical comum. Assim, os **perfilhos** são formados por um conjunto de **fitômeros** em etapas de desenvolvimento diferentes, sendo que o fitômero anterior se encontra em estágio mais avançado que a imediatamente acima dele.

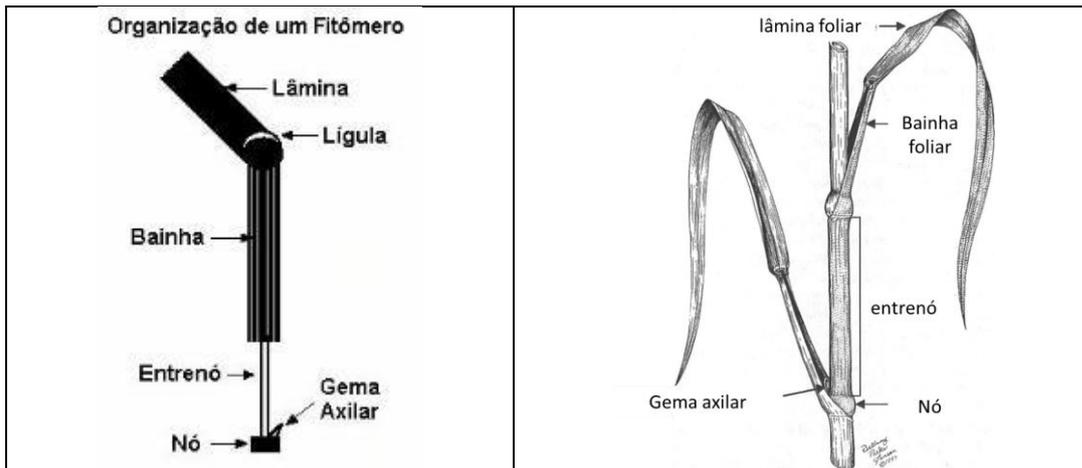


Figura 17 - Organização de um Fitômero.  
 Fonte: Nelson (2000) adaptado de Moore & Moser (1995).

Em leguminosas, não muito diferente, o eixo principal possui a mesma estrutura que as gramíneas, onde os fitômeros são organizados de forma sequencial.

A unidade vegetativa de leguminosas é comumente denominada **ramificação**. Alguns autores definem a unidade de crescimento em uma ramificação da leguminosa como metâmeros, os quais consistem em nó, entrenó e gema axilar, folha (com folíolos no caso de folhas compostas), as estípulas e o pecíolo (Figura 18).



Figura 18 – Composição dos Fitômeros de leguminosas.  
 Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

A disposição desses fitômeros no sentido vertical, uns em cima dos outros, conduz a planta ao crescimento ereto (com desenvolvimento de colmos), e no sentido lateral, uns ao lado dos outros, conduz a planta ao crescimento prostrado ou rasteiro (com desenvolvimento de estolões e/ou rizomas).

Nesse sentido, o desenvolvimento morfológico de uma planta consiste em uma sequência de eventos interativos dentro de ou entre fitômeros interligados, de forma que a arquitetura de um perfilho é determinada pelo tamanho, número e arranjo espacial de seus fitômeros.

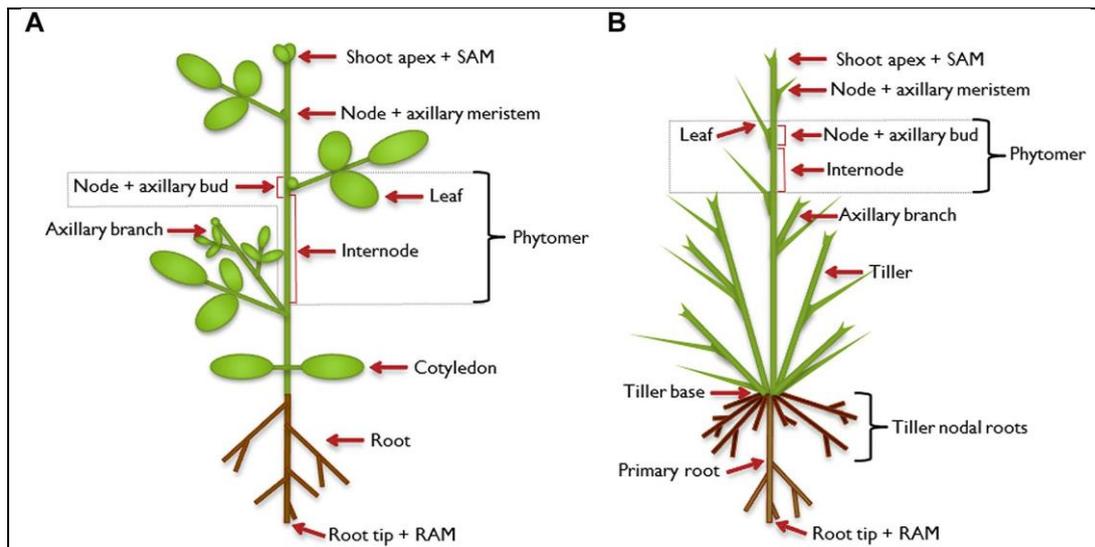


Figura 19 – Arquitetura de uma planta. A arquitetura típica de uma planta de dicotiledônea (A) e uma monocotiledônea (B).

Fonte: Teichmann & Muhr (2015).

O perfilho parental (principal ou primário) é a capaz de gerar novos indivíduos a partir da ativação das gemas axilares presentes em cada fitômero, dando origem a outros perfilhos com o mesmo genótipo, formando uma planta. Além disso, uma única planta pode apresentar várias gerações de perfilhos, pois cada gema axilar pode potencialmente formar um novo perfilho em épocas diferentes.

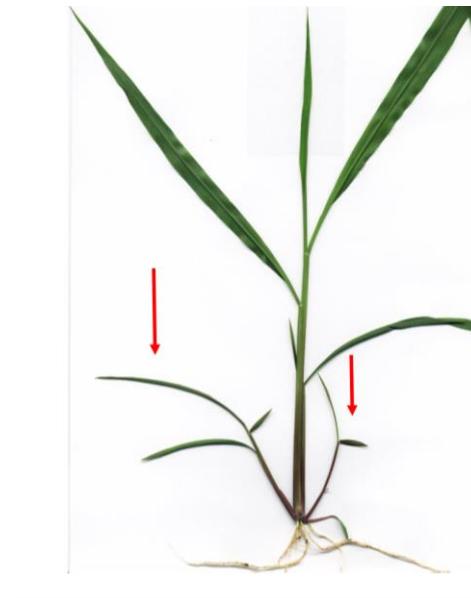


Figura 20 – Surgimento de novos perfilhos pela ativação das gemas axilares.

Fonte: Garcez Neto (2002).

Dessa forma, o arranjo espacial dos perfilhos em uma planta junto às variações morfológicas em perfilhos individuais definem o hábito de crescimento da espécie forrageira.

## 5.2 Raízes

As raízes possuem funções de absorção de nutrientes inorgânicos e água, fixação e sustentação da planta, além de servirem como reservatórios de carboidratos e nitrogênio, que auxiliaram no período de rebrotação. As raízes de algumas espécies também podem eliminar alguns exsudatos no solo, que alteram o ambiente da rizosfera tornando alguns nutrientes mais disponíveis para a absorção pela planta.

### a) Gramíneas

Possuem sistema radicular **fasciculado** ou em cabeleira, em que não se distingue a raiz principal das secundárias. As gramíneas apresentam dois sistemas de raízes (Fig. 14).

- Raízes seminais (embrionárias), têm origem no embrião, também chamada radícula, possuem curta longevidade;
- Raízes adventícias ou caulinares (permanentes), substituem as raízes seminais, são numerosas e possuem muitas ramificações. Originam-se dos primeiros nós basais, de estolões ou, também de outros nós que estejam em contato com o solo.

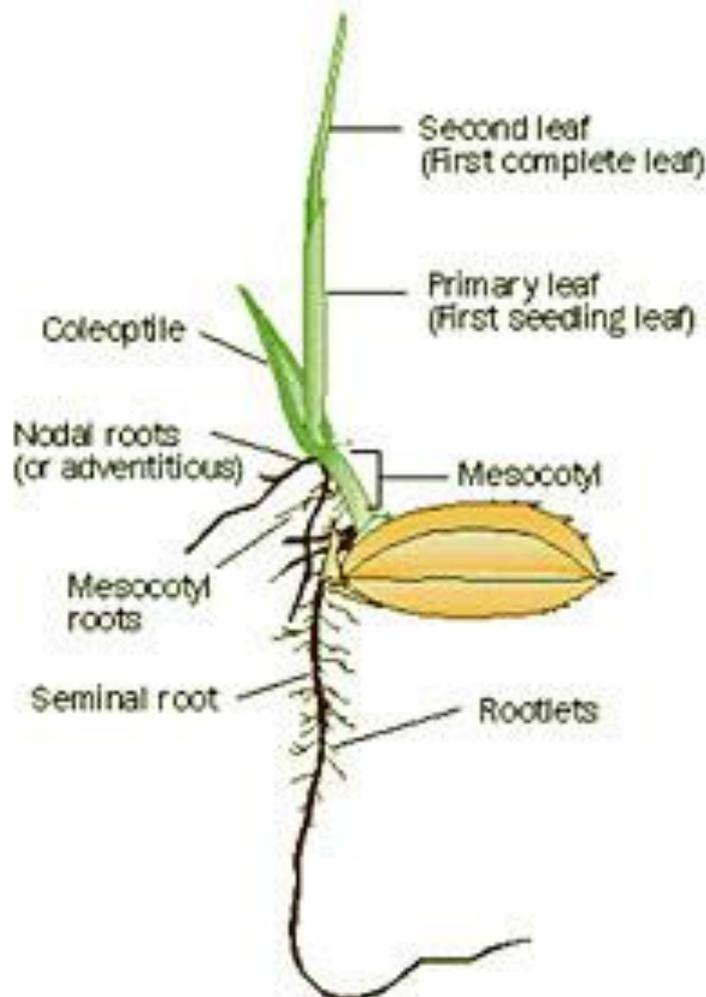


Figura 21 – Raízes de gramíneas.

Fonte: <http://www.zubairent.com/rice.htm>

Ao arrancar uma gramínea remove-se apenas uma pequena parcela do sistema radicular, o qual em muitas espécies alcança uma profundidade de 2 metros ou mais, sendo que anualmente são repostas cerca metade das raízes existentes, em decorrência da morte e formação de novas raízes. A profundidade máxima é frequentemente alcançada no primeiro ano.

As raízes de algumas gramíneas (*Paspalum notatum*) contêm ou são circundadas por bactérias, principalmente do gênero *Beijerinckia* e *Azospirillum*, que fixam nitrogênio atmosférico.

O sistema radicular tem uma renovação anual de 50% das raízes devido a sua morte e formação, concentrando maior crescimento na primavera e diminui no período de florescimento da planta. Recomenda-se como prática de controle da erosão, o uso de gramíneas forrageiras que possuem sistema radicular fasciculado profundo, pois são capazes de agregar melhor a camada superficial do solo (ex. Milheto).

#### b) Leguminosas

Possuem raiz do tipo **pivotante**, com uma raiz primária, que é dominante e mais robusta e presença de raízes secundárias. A raiz principal é originada da raiz embrionária ou radícula.

Todas as espécies dessa família desenvolvem nódulos formados através do contato da raiz com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Dependendo do gênero da leguminosa os nódulos podem localizar-se em maior concentração na raiz principal ou secundária (Figura 22).

Ex.: *Centrosema*, *Macroptilium* e *Galactia* (maior concentração nas raízes secundárias e terciárias). *Stylosanthes* (maior concentração na raiz principal).

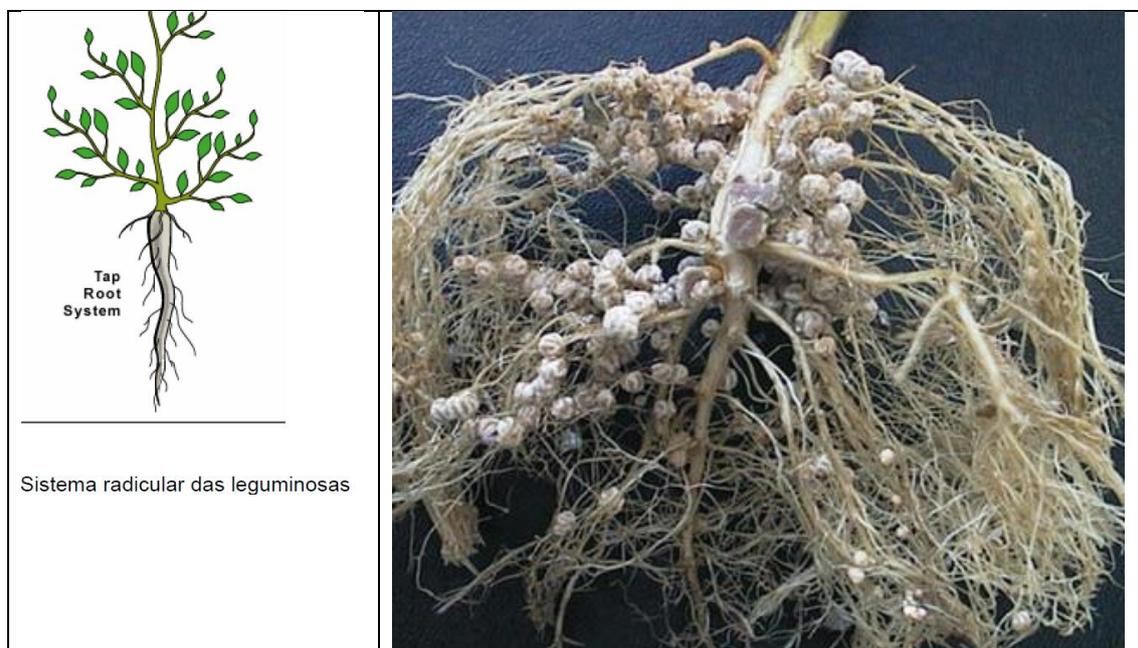


Figura 22 – Esquema de raízes pivotante e nódulos.

Fonte: xxxx

### 5.3 Caules

Possuem funções de suporte mecânico para órgãos aéreos da planta e são responsáveis pela disposição da parte aérea da planta (arquitetura da parte aérea), transportam sais minerais e água das raízes para a parte aérea e açúcares, aminoácidos, hormônios e outros metabólicos da parte aérea para as raízes, além de servirem de armazenamento de reservas e propagação vegetativa.

#### a) Gramíneas

O caule das gramíneas é do tipo colmo, dotado de nós e entrenós cilíndricos, podem ser **ocos** ou **fistulosos** (gramíneas de inverno) **ou cheios** (milho e cana de açúcar).



Figura 23 – Nós e entrenós do colmo de gramíneas (Superior esquerdo); touceira formada pelo agrupamento de perfilhos (Superior direito); hábito de crescimento decumbente em *Brachiaria decumbens* (Inferior esquerdo); estolões em *Cynodon*.(Inferior direito).

A forma de crescimento do colmo determina o hábito de crescimento da planta:

- Ereto cespitoso: cresce perpendicular ao solo. Em algumas gramíneas os perfilhos crescem de forma agrupada formando as touceiras. Ex.: Capim-elefante
- Decumbente: os colmos crescem encostados ao solo, mas não desenvolvem raízes nos nós. Ex.: *Brachiaria decumbens*
- Rasteiro ou Estolonífero: são caules rasteiros que se desenvolvem junto à superfície do solo, produzindo raízes e parte aérea a partir dos nós. O estolão é um caule de crescimento horizontal que possui nós e entre-nós. Também é um local de armazenamento de reservas orgânicas. Difere dos rizomas, que são subterrâneas, brancos e protegidos por escamas.

#### b) Leguminosas

Nas leguminosas, o colmo pode apresentar formas variadas. De forma geral, os caules podem ser do tipo eretos, prostrados (rasteiros) ou trepadores:

#### Caules eretos

- a. Herbáceos: caules tenros, geralmente clorofilados, flexíveis, não lignificados. Ex: alfafa.
- b. Lenhosos: caules intensamente lignificados, rígidos, geralmente de grande porte e com um considerável aumento em diâmetro, como por exemplo, os troncos das árvores. Segundo o porte que atingem são classificados em:
  - Subarbustivos – Até 1,5 de altura. Ex: *Stylosanthes*
  - Arbustivo - Até 3m de altura. Ex: *Cajanus, Guandu*
  - Arbóreo - Acima de 3m de altura. Ex: *Lecaena* (leucena). *Prosopis* (algaroba).

#### Caules rasteiros:

São caules rasteiros ou estoloníferos que se desenvolvem junto à superfície do solo, produzindo raízes e parte aérea a partir dos nós.

Ex: *Arachis pintoi* – Amendoim forrageiro.

#### Caules trepadores:

Os caules trepadores podem ser volúveis (também chamados escandentes) ou sarmentosos.

- a) Sarmentoso: caules aéreos trepadores que possuem órgão de fixação Ex: *Vicia*.
- b) Volúveis ou escandentes: são estruturas finas e longas que crescem enroladas nos mais variados tipos de suporte, mas não apresentam órgão de fixação. Ex: *Galactia, Centrosema e Macroptilium*.



Figura 24 – Caules aéreos do tipo volúvel ou sarmentoso.



Figura 25 – Rizomas em capim-elefante.

Caules subterrâneos que crescem horizontalmente próximos ou abaixo da superfície do solo são encontrados tanto em gramíneas quanto em leguminosas, funcionando como órgão de reserva e multiplicação vegetativa. **São chamados de rizomas**, e são caules subterrâneos que terminam em uma gema apical pontiaguda, dotados de nó e entrenós, aclorofilados, cobertos de escamas as quais representam as folhas e as estípulas reduzidas.

### IMPORTÂNCIA DO COLMO NO MANEJO DE PASTAGENS

- ➔ A forma de crescimento aliada a altura do pseudocolmo possuem implicações sobre a tolerância das plantas à intensidade de desfolhação por meio de corte ou pastejo
- ➔ Garante parte dos nutrientes para a rebrotação da planta após a remoção da área foliar
- ➔ Assegura proteção ao meristema apical e fornece gemas que darão origem aos novos perfilhos
- ➔ Em plantas rizomatosas e estoloníferas, garante a habilidade de ocupar/colonizar espaços verticais e horizontais com melhor disponibilidade de fatores de crescimento (nutrientes, luz, etc.)

## 5.4 Gemas axilares ou laterais

Os nós na base da planta se acham muito próximos, separando-se visivelmente à medida que se caminha para o ápice do vegetal, sendo que cada nó possui uma lâmina foliar e uma gema axilar correspondente.

A gema axilar pode desenvolver um novo indivíduo, denominado **perfilho (ou afixo)**. Os perfilhos **basais ou basilares**, são os que desenvolvem a partir da coroa da planta ou rizomas e



possuem sistema radicular fixado ao solo. Perfilhos **aéreos ou axilares**, são aqueles que surgem das gemas axilares presentes em cada folha. Embora possam desenvolver sistema radicular, são dependentes do perfilho de origem para absorção de água e nutrientes do solo. É importante o seu conhecimento, pois a base de uma pastagem produtiva e perene, depende da ativação e crescimento das gemas basais e axilares dos perfilhos.

Nas leguminosas herbáceas, como a alfafa a base do colmo ao nível do solo forma uma estrutura denominada coroa da planta. Na coroa que estão localizadas as gemas (crown buds), que darão origem a novas ramificações após o corte ou pastejo.

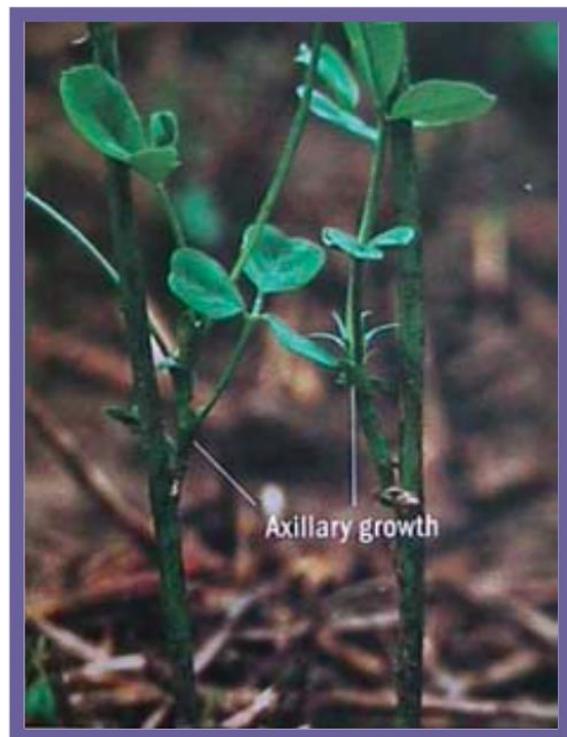
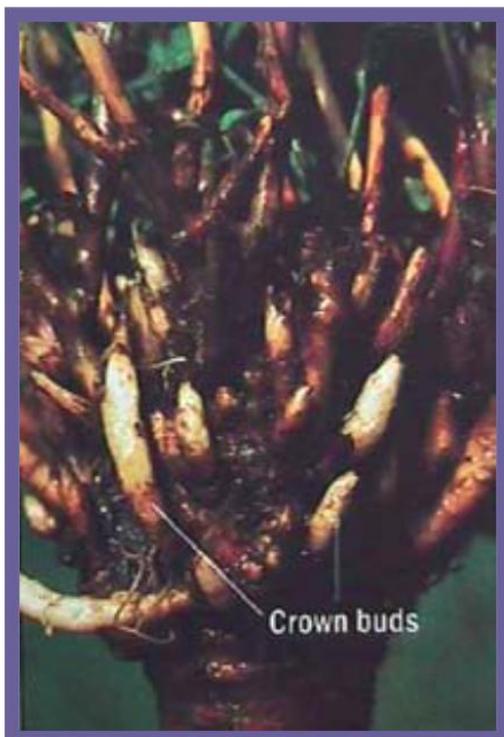




Figura 26 – Gemas na coroa da alfafa e crescimento de ramificações laterais (*axillary bud growth*).

## 5.5 Folhas

As folhas são responsáveis pela fotossíntese e trocas gasosas com o meio. Originam-se a partir dos primórdios foliares que estão localizados no meristema apical (Figura 23). O meristema apical também controla o desenvolvimento das gemas axilares, que vão dar origem a novos perfilhos.



Figura 27 - Representação do meristema apical e primórdios foliares.  
Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

### a) Gramíneas

As folhas das gramíneas são constituídas por:

- Lâmina foliar ou limbo – geralmente é lanceolada com nervuras paralelas (presença da nervura principal), glabras (sem pelos) ou não, margem comumente ciliadas ou serradas.
- Bainha – nasce no nó e envolve o entrenó formando um cartucho, dentro do qual as folhas mais novas irão desenvolver.
- Colar - ponto de junção da lâmina foliar com a bainha, do lado de fora da folha ou face inferior da lâmina foliar, com função de propiciar o movimento da lâmina foliar.
- Lígula - ponto de junção da lâmina foliar com a bainha, do lado de dentro da folha ou face superior da lâmina foliar, com função de proteção da gema contra o ataque de insetos e excesso de umidade. A lígula pode ser pilosa ou membranosa.
- Aurícula - apêndice em ambos os lados da base da lâmina ou no ápice da bainha.

A presença ou ausência, assim como o formato da lígula e das aurículas são utilizados na classificação das plantas e diferenciação de espécies e cultivares.

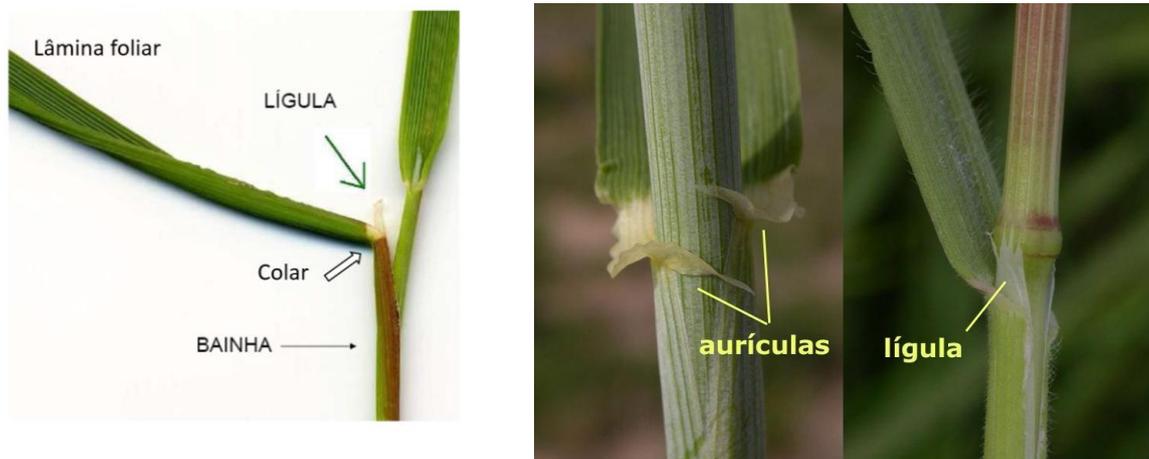


Figura 28 - Partes da folha em uma gramínea.

### b) Leguminosas

A folha das leguminosas é constituída de lâmina foliar composta por folíolos (foliólulos), pecíolo (peciólulo), podendo apresentar pulvino e estípulas (Figura 29).

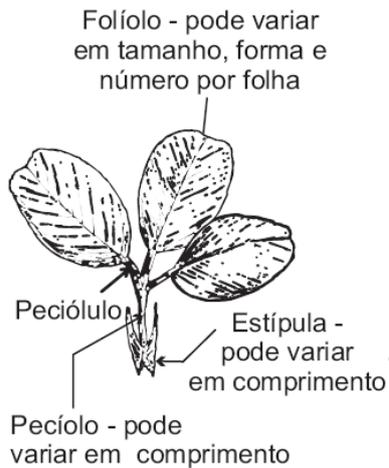


Figura 29 – Esquema da folha em leguminosas (neste caso a folha é composta - trifoliada).

O ráquis é a parte do eixo mediano da folha, que sustenta os folíolos. É bem desenvolvido nas folhas penadas e bipinadas; falta nas folhas simples e nas digitadas.

Os pecíolos são os órgãos que ligam os folíolos ao ráquis primário ou secundário, ou seja, une a lâmina ao caule e geralmente é bem desenvolvido em leguminosas, como aliás, na maioria das dicotiledôneas. Por sua forma alongada, assemelha-se a um caule.

O limbo apresenta várias formas, dependendo da espécie, com nervação penada ou reticulada.

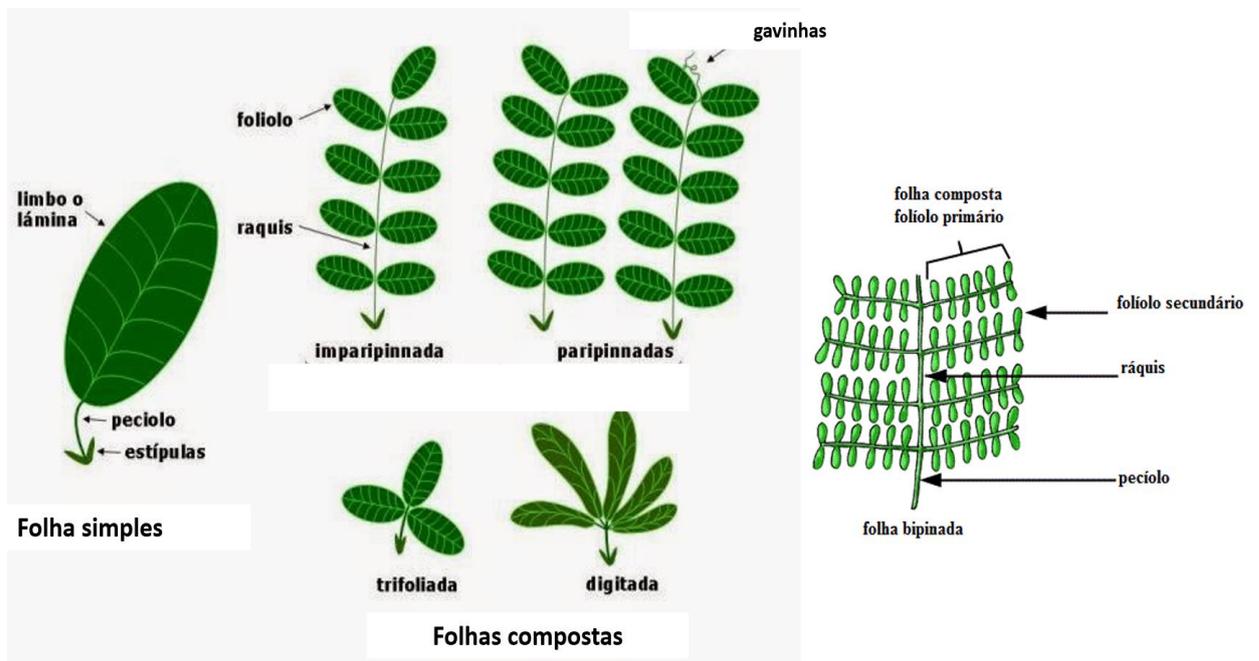


Figura 29 - Esquema de tipos de folhas.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Pode ser do tipo:

- a. **Simples** – Quando o limbo é único. Ex: *Crotalaria juncea*
- b. **Composta** – Quando o limbo se subdivide em folíolos, podendo ser:
  - b.1. Trifoliolada – quando a folha apresenta apenas três folíolos. Ex: *Siratiro*, *Centrosema*, *Calopogônio*.
  - b.2. Pinada – Os folíolos estão arranjados ao longo da ráquis, podendo apresentar número par ou ímpar de folíolos.

- Paripinada – quando os folíolos terminam em par, no meio dos quais encontra-se a extremidade do ráquis, reduzida ou transformada em gavinha Ex: *Vicia* (ervilhaca)
- Imparipinada – quando os folíolos terminam em ímpar, sendo na extremidade um único folíolo, em posição mediana (como, por exemplo, em alfafa)

b.3. Recompоста ou bipinada – Quando os folíolos se subdividem em foliólulos. Ex: *Leucaena* e *Prosopis*.

b.4. Palmada ou digitada – possui vários folíolos originados/ligados a um ponto comum

Lembrando que as folhas de uma planta possuem idades diferentes. Folhas que crescem acima no perfilho ou ramificação são folhas em crescimento ou em expansão. As folhas que já atingiram seu tamanho final são as folhas maduras ou expandidas e atingem essa fase quando expõe sua lígula. As folhas da base da planta são as mais velhas, e sua senescência pode ser

induzida, de forma que os nutrientes contidos nelas são realocados para o crescimento das folhas jovens.

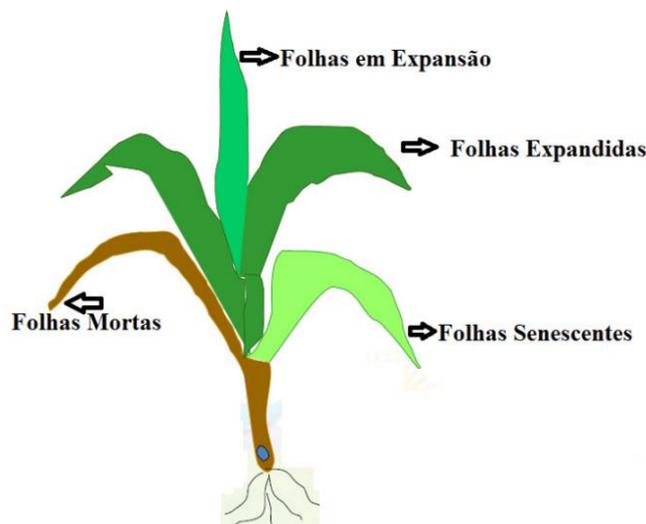


Figura 30 – Folhas em distintos estádios de desenvolvimento em um perfilho.

Fonte: Adaptado de Simioni et al. (2014)

## 5.6 Flor e Inflorescência

A flor compreende os órgãos reprodutivos e estruturas associadas e, portanto, sua principal função é mediar a reprodução.

### a) Gramíneas

A flor das gramíneas é **aclamídea (sem cálice e corola)**, com involúcro constituído por brácteas, denominadas glumas, superior e inferior, podendo estarem presentes ambas, somente uma ou nenhuma.

Podem ser flores solitárias ou dispõem-se, alternadamente sobre uma ráquila, em espiguetas que se agrupam para formar a inflorescência. Um conjunto de flores forma a inflorescência, sendo que a unidade desta em gramíneas é a **espigueta** (podendo ser pedicelada ou séssil). As flores são, frequentemente, hermafroditas, pequenas, pouco vistosas, adaptadas à polinização pelo vento. A espigueta contém um ou mais flósculos, encerrados por brácteas (as glumas) (Figura 31).



Figura 31: Estruturas reprodutivas expostas em uma espigeta.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Estas flores possuem, geralmente, duas glumelas – o **lema**, com posição inferior, normalmente aristada e com calo (espessamento na base, sendo que a flor encontra-se alojada em sua axila), e a **pálea**, superior e geralmente membranácea, não possui nervura principal e é bicarenada. O prolongamento do lema é chamado de arista.

O androceu é formado, geralmente, por um a três estames salientes e a antera (visíveis na Figura 31), que contém os grãos do pólen.

O gineceu é composto por um pistilo súpero arredondado formado pelo ovário (região dilatada que protege os óvulos), mais estilete (peça que liga o estigma ao ovário) e mais dois estigmas (receptora de grãos de pólen) plumosos.

As Lodículas auxiliam na abertura da flor. No período de florescimento as lodículas intumescem na base, forçando a abertura do lema e expulsando as anteras (Figura 32).

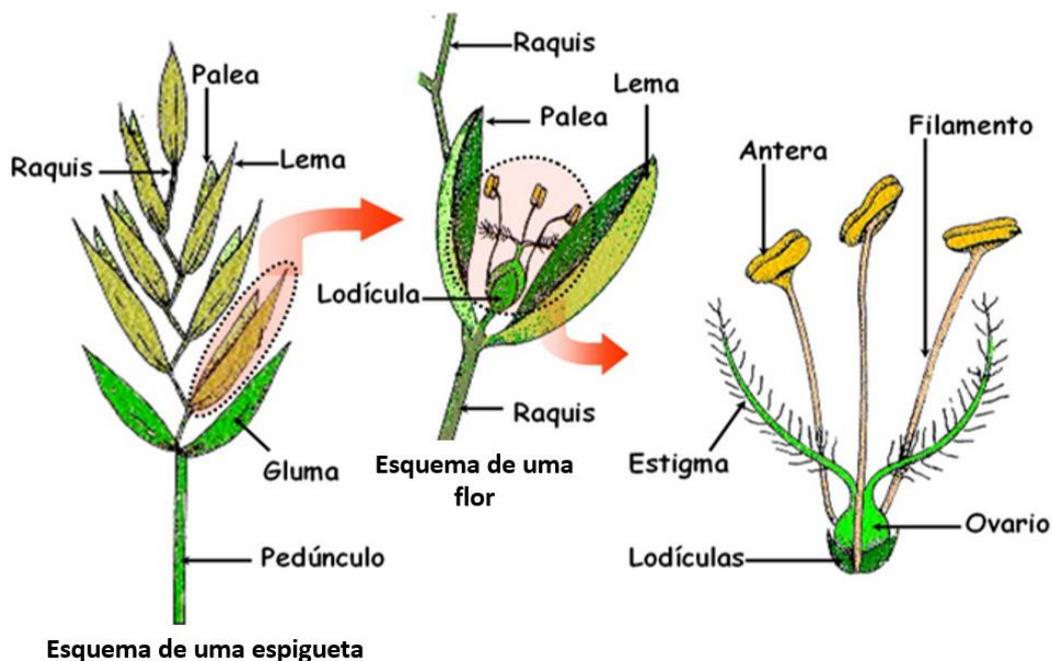


Figura 32: Esquema de uma espigeta.

Fonte: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20Angiospermas/Comenilidas/Gramineas.htm>

Tipos de Inflorescência - A distribuição das flores em ramos florísticos é denominada inflorescência. A classificação destas é baseada principalmente em sua estrutura e no arranjo das espiguetas.

Os tipos de inflorescência delimitam as subfamílias, tribos e gêneros e os três principais tipos de inflorescência das gramíneas são:

- Espiga - espiguetas inseridas no eixo principal sem pedúnculo (flores sésseis) (Figura 33).



Figura 33: Inflorescência em espiga.

Fonte: <http://www.botanical-online.com/cereales.htm>

- Cacho ou racemo – espiguetas inseridas na ráquis através de pedicelo (Figura 34).



*Paspalum notatum*



*Brachiaria* sp.

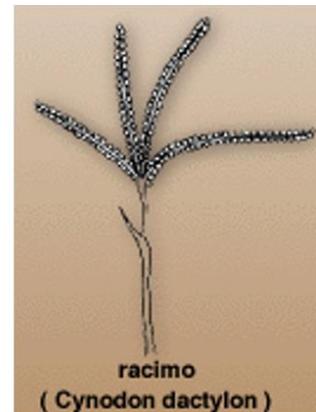


Figura 34 - Inflorescência em cacho ou racemos.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Cacho composto ou panícula – espiguetas pediceladas inseridas em ramificações terciárias e quaternárias da ráquis (Figura 35).

- I. Pode ser aberto, ex. *Panicum*, *Melinis* ou
- II. Panícula contraída, ex. *Setária*, *Pennisetum*

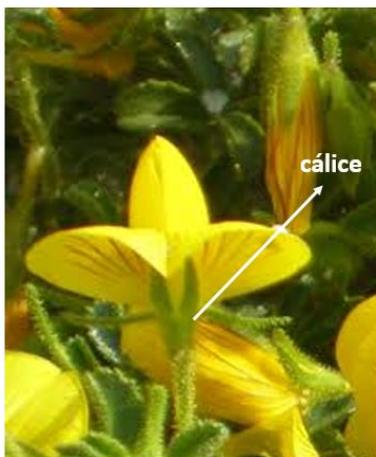
**Panícula**  
Um eixo principal sustenta dois ou mais eixos laterais



Figura 35 - Inflorescência do tipo panícula.  
Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

b) Leguminosas

A flor das leguminosas é hermafrodita, **diclamídea** (apresenta os dois verticilos de proteção, cálice e corola). O cálice é gamossépalo (sépalas parcial ou totalmente soldadas entre si) (Figura 36).



Possui corola com cinco pétalas, uma maior, externa e geralmente superior (**o estandarte**) que cobre duas pétalas laterais (**as alas**) e duas internas, geralmente inferiores, frequentemente unidas (**quilha**), sendo que o tamanho do tubo formado pela corola varia amplamente entre espécies (Figura 37). É característica da sub-família Papilionoideae das Papilionaceae ou Fabaceae.

Figura 36 - Cálice da leguminosa.  
Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

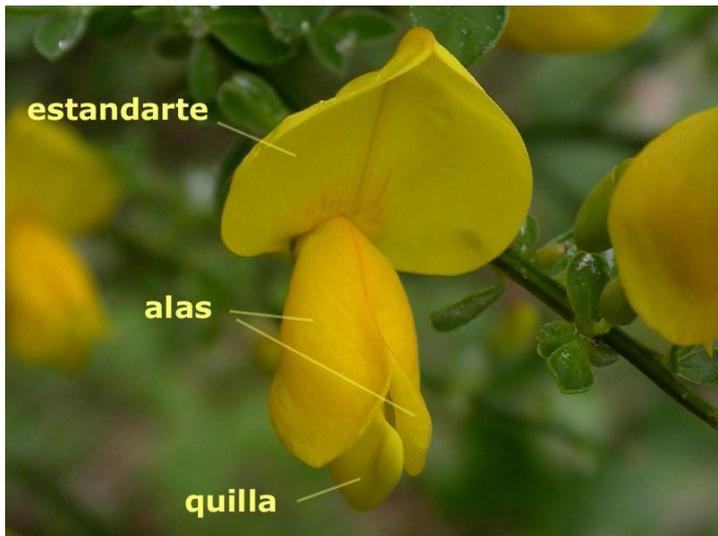


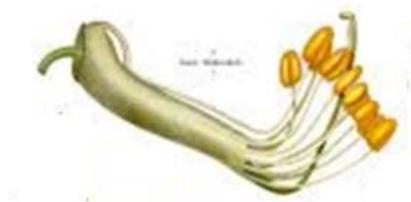
Figura 37 - Corola com cinco pétalas.

Fonte: [http://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/flor\\_L.htm](http://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/flor_L.htm)

**As estruturas reprodutivas localizam-se no interior da quilha.**

O gineceu é formado por um ovário súpero, unicarpelar, unilocular ou raras vezes bilocular. A polinização depende essencialmente da ação de insetos e pode ser autógama (auto-polinização) ou não.

O **Androceu** é formado por 10 estames, sendo 9 soldados pelos filetes e apenas 1 livre (Figura 38).



**Androceo**

(en este caso, 9 estambres soldados y un único estambre libre)

Figura 38 - Androceu.

**As inflorescências mais comuns são do tipo espiga (amendoim forrageiro Belmonte), racemo (siratro), umbela (cornichão) e capitulo (trevo branco).**



Figura 39 – Inflorescência em leguminosas. Superior: umbela (esquerdo) e espiga (direito); Inferior: racemo (esquerdo) e capítulo (direito).

## 5.7 Fruto

A **função** primordial dos frutos é a proteção da semente em desenvolvimento. Em gramíneas o fruto é uma **cariopse**, seco, deiscente (libera a semente quando maduro).



Em leguminosas é **Legume** (vagem) – fruto típico da família, seco, deiscente. Há outros tipos de frutos encontrados na família, como drupas (*Andira*), sâmaras (*Machaerium*), legumes samaróides (*Dalbergia*), craspédios (*Mimosa*). O **Lomento** – seco, indeiscente, que apresenta compartimento dividido em septos transversais entre as sementes, por onde ocorre a separação das mesmas na maturação. Ex: *Desmodium* sp.



Figura 40 – Tipos de frutos de leguminosas. Superior: legume (esquerdo) e sâmara (direito); Inferior: lomento (esquerdo) e craspédio (direito) .

## 6. Dinâmica do crescimento de plantas forrageiras

### 6.1 Introdução

Uma pastagem corresponde a um conjunto de plantas (perfilhos) interagindo entre si. Esses indivíduos respondem as condições ambientais e de manejo ao qual a comunidade está submetida. Dessa forma, existem processos que ocorrem no indivíduo, que são representados pelos processos de crescimento e senescência de folhas, e processos que acontecem em nível de população, representados pelas taxas de aparecimento e morte de perfilhos da comunidade de plantas.

### 6.2 Características morfológicas e estruturais do perfilho

Os processos de crescimento e desenvolvimento do perfilho são descritos por meio da morfogênese. A Morfogênese pode ser definida como a dinâmica de geração e expansão da planta no espaço (Chapman & Lemaire, 1993). Assim, a emergência, o alongamento, a senescência e morte de folhas definem o fluxo de biomassa do perfilho, o que juntamente com sua população de perfilhos (comunidade vegetal) determinam a área de folhas ou o índice de área foliar (IAF) da pastagem.

Em uma pastagem em início de germinação (após a sementeira) ou no início do processo de rebrotação (pós-pastejo) o pseudocolmo é curto e o meristema apical está próximo do nível do solo. Uma vez que as folhas iniciam seu desenvolvimento no meristema apical, se o pseudocolmo é curto, a distância que as folhas jovens percorrem dentro deste é curta e a exposição da ponta da folha ao ambiente ocorre rapidamente.

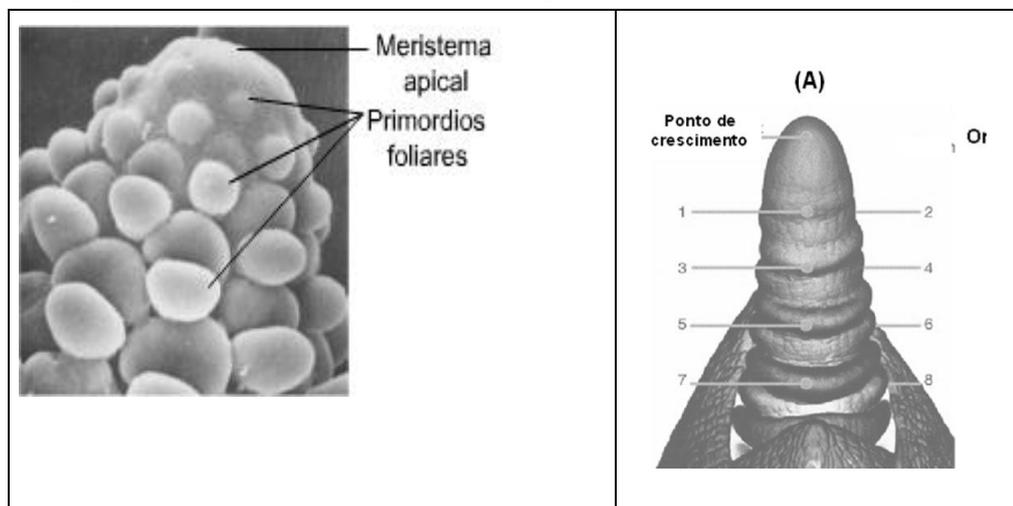


Figura 41: Início do crescimento da folha a partir dos primórdios foliares.

Fonte: Mauseth (1988) e Matthew & Hodgson (1999).

Dessa forma, as folhas novas permanecem menos tempo dentro do pseudocolmo, gerando folhas. Assim, existe uma relação direta entre o tamanho do pseudocolmo, a velocidade do aparecimento das folhas e o comprimento dessas folhas (Moore & Moser, 1995).

## CRESCIMENTO INICIAL:

Meristema próximo ao nível do solo

Pseudocolmo (PC) curto

Folhas novas permanecem menos tempo dentro do PC

Folhas são pequenas e aparecem mais rápido



Na medida em que a planta se desenvolve, o acúmulo de fitômeros vai construindo um pseudocolmo maior. Assim, quanto maior o comprimento desse cartucho (maior altura do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas), mais tempo as folhas jovens ficam dentro dele alongando-se, resultando em um aparecimento de folhas mais demorado, quando comparado ao período inicial de forma que as folhas nos níveis de inserção superiores são maiores que as anteriores.

Esse processo continua até que a planta atinja um número máximo de folhas que ela pode manter vivas, que é determinado geneticamente. Quando a planta atinge o número máximo de folhas vivas (NFV), a cada nova folha que surge, uma folha mais velha morre, para que seja mantido estável o NFV. Nessa fase se inicia o processo de senescência (Figura 42). Essa dinâmica determina o tempo em que cada folha permanece viva ou a duração de vida da folha (DVF). Por exemplo, se a planta é capaz de manter 3 folhas vivas por perfilho e o intervalo entre o aparecimento de folhas sucessivas (chamado de filocrono,) é de 15 dias, a duração de vida de cada folha é de 45 dias (filocrono x número de folhas vivas).

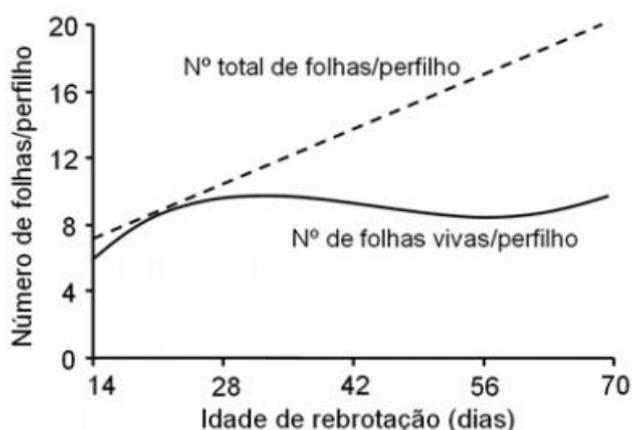
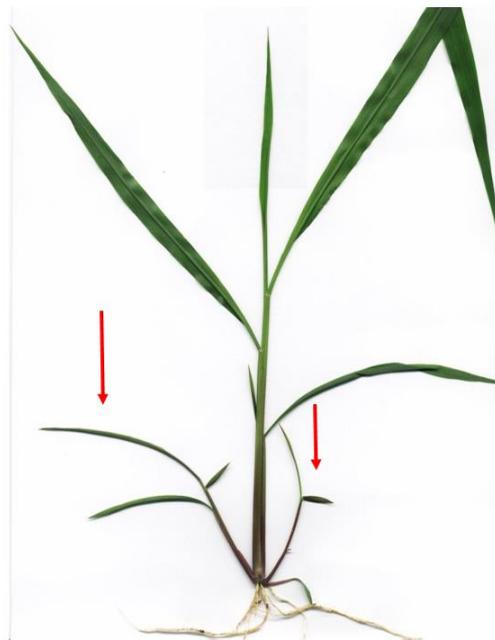


Figura 42 – Na medida em que o crescimento do perfilho avança com a idade, o número total de folhas produzido aumenta. Entretanto, quando a planta atinge o número máximo de folhas vivas, a cada nova folha que nasce, a mais velha morre. Dessa forma, a planta mantém sempre o mesmo número de folhas vivas por perfilho. Neste gráfico esse processo ocorre ao redor de 28 dias.

Fonte: xxxx

Uma vez que o perfilho é capaz de produzir os assimilados suficientes para suprir suas necessidades de crescimento e gerar sobra de nutrientes, as gemas axilares presentes em cada folha podem ser “recrutadas” para originar um novo perfilho (Figura 43).

Quando o perfilho é capaz de produzir assimilados suficientes para suprir suas necessidades, as gemas axilares podem ser “recrutadas” e desenvolver um novo perfilho



Dessa forma, em uma pastagem em crescimento vegetativo, na qual aparentemente apenas folhas são produzidas (pois ainda não há alongamento dos entrenós), a morfogênese pode ser descrita por três características básicas, chamadas **características morfogênicas**:

- 1) Taxa de aparecimento de folhas (TApF): é o número de folhas que aparece em cada perfilho por unidade de tempo. O filocrono é o inverso da TApF, e determina o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas. O aparecimento seqüencial de folhas determina também o aparecimento seqüencial de gemas axilares suscetíveis a se desenvolverem em perfilhos ou ramificação.
- 2) Taxa de alongamento das folhas (TAIF): representa o crescimento das folhas em um perfilho, sendo expressa como cm/perfilho por dia. Quando a ponta da folha entra em contato direto com a luz solar, as células dessa porção da lâmina param seu alongamento. Dessa forma, a ponta da folha é a porção mais velha, comparada à base. O alongamento da folha continua até que ocorra o aparecimento da lígula. Dessa forma, a presença da lígula representa o final do crescimento foliar e indica que essa folha já é madura. Enquanto o alongamento da lâmina foliar cessa com a diferenciação da lígula, o alongamento da bainha persiste até a exteriorização da lígula.
- 3) Duração de vida da folha (DVF): é o terceiro e último parâmetro morfogênico que descreve uma pastagem na condição vegetativa. Segundo Nabinger (1996), esta variável morfogênica é o determinante do equilíbrio entre o fluxo de crescimento e o fluxo de senescência.

No caso de gramíneas forrageiras tropicais, a taxa de alongamento de colmo também é considerada uma variável morfogênica importante, uma vez que pode ocorrer alongamento do colmo na fase vegetativa de crescimento, se o período de rebrotação for muito longo.

A relação entre essas características morfogênicas resulta nas **características estruturais** do perfilho:

- 1) Tamanho final da folha: determinado pelo produto da TApF e a duração do período de alongamento da folha dentro do cartucho das bainhas das folhas mais velhas.
- 2) Densidade populacional de perfilhos: é parcialmente relacionada com a TApF por meio da determinação do número potencial gemas axilares que podem desenvolver um novo perfilho. Assim, espécies com baixa TApF produzirão relvados com número reduzido de perfilhos, mas os perfilhos normalmente são grandes, enquanto espécies com alta TApF produzirão relvados com grande número de perfilhos, mas normalmente são perfilhos de pequeno tamanho.
- 3) Número de folhas por perfilho: que está relacionado a velocidade de surgimento de folhas e a duração de vida destas.

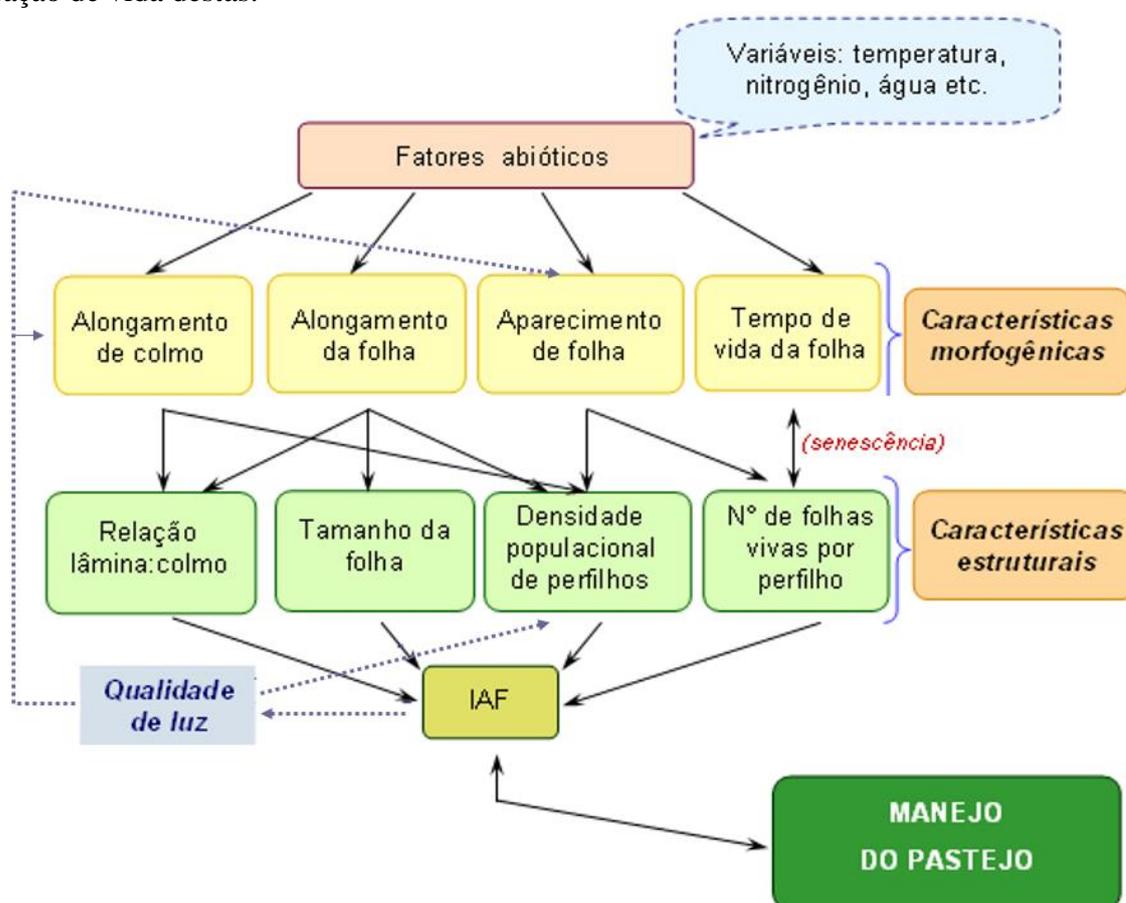


Figura 43 - Diagrama da relação entre as principais características morfogênicas e estruturais.  
 Fonte: Chapman & Lemaire (1993) adaptado por Da Silva & Sbrissia (2001).

A relação entre essas características determina a quantidade de superfície foliar existente em uma pastagem. O manejo do pastejo interfere sobre o IAF, pois o ato da desfolhação representa remoção da área foliar. Assim, o manejo deve priorizar manter um equilíbrio entre a remoção das folhas pelo corte ou pastejo e manutenção de uma superfície foliar remanescente que permita recuperação da planta.

### 6.3 Crescimento ao longo do ciclo de rebrotação

O crescimento ao longo da rebrotação pode ser representado pelo incremento no acúmulo de tecidos da parte aérea ao longo do tempo, que são verificados por aumentos em IAF, altura e massa de forragem. Os processos que predominam no indivíduo e na comunidade vegetal podem ser divididos em fases sucessivas (Figura 44). A fase inicial de rebrotação é representada pelos processos que ocorrem imediatamente após a saída dos animais da pastagem. A seguir, a comunidade passa por um período intermediário de crescimento, pois já recuperou parte da área foliar, mas ainda não está apta a um novo pastejo. A fase de crescimento seguinte é representada pelo momento onde a comunidade está pronta para o pastejo (condição pré-pastejo ou fase final do processo de rebrotação).

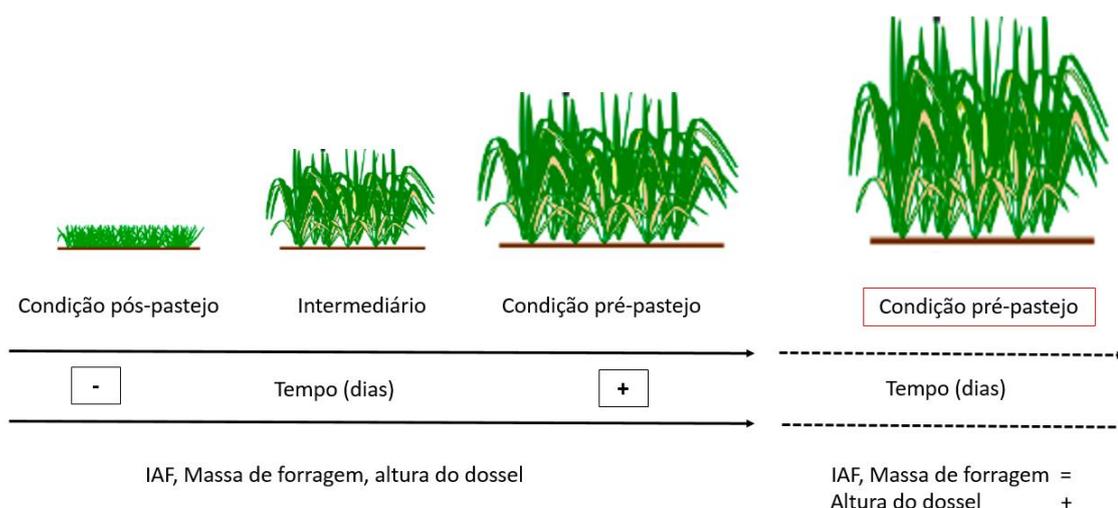


Figura 44 – Crescimento do dossel ao longo do período de rebrotação.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

#### ✓ Fase inicial de rebrotação

Após o pastejo, as plantas buscam refazer sua área foliar com o objetivo de maximizar a interceptação da luz incidente. Nessa fase do crescimento do dossel não há competição por luz e, portanto, a planta prioriza a produção de tecidos foliares. A velocidade de recuperação nessa fase é dependente da área foliar residual, definida pela altura de pós-pastejo. Assim, quanto maior a quantidade e qualidade da área foliar remanescente, maior será a velocidade de rebrotação. O acúmulo de forragem nessa fase é mais lento que nas demais, pois a planta necessita refazer a superfície foliar.

#### ✓ Fase intermediária de rebrotação

Quando a planta é capaz de produzir assimilados para sustentar o crescimento das folhas jovens ela poderá investir na formação de novos perfilhos. Dessa forma, folhas jovens e perfilhos novos produzidos irão contribuir para aumentos crescentes no acúmulo de folhas do dossel.

Esse processo avança até que a massa de forragem aumenta muito e as folhas começam a se sobrepor e sombrear umas às outras, especialmente aquelas posicionadas mais próximas do solo.

✓ Fase final de rebrotação

Na medida em que ocorre avanço do processo de rebrotação, o sombreamento poderá definir perdas de forragem por senescência de folhas e morte de perfilhos. Se a planta não for pastejada, haverá aumento da altura, mas a massa de forragem e o IAF não aumentam, pois os processos de morte de perfilhos e senescência de folhas funcionarão como um ‘tampão’ (Figura 44). Além disso, em resposta à competição por luz, as plantas iniciam um processo de intenso alongamento de colmos (estiolamento), buscando colocar folhas novas em plena luz, condição que faz com que as folhas localizadas em horizontes inferiores do dossel acelerem o processo de senescência em função da baixa disponibilidade luminosa e idade fisiológica avançada das folhas.

Nessa condição de alongamento acelerado de colmos, as novas folhas produzidas são menores que aquelas posicionadas próximo do solo em função da elevação do meristema apical, causando redução do acúmulo de folhas (saldo negativo entre alongamento de folhas novas e senescência de folhas velhas) e, conseqüentemente, aumento do acúmulo de colmos e material morto. Nesse estágio, passado do ponto ideal para o pastejo, a altura e a massa de forragem dos pastos aumentam rapidamente, porém a massa de forragem disponível ao animal para colheita apresenta proporções cada vez menores de folhas e maiores de colmos e material morto à medida que o período de rebrotação aumenta, ou seja, o intervalo de pastejo ou período de descanso é prolongado.

O intervalo de pastejo ideal, portanto, seria quando o acúmulo de folhas fosse elevado, porém, antes do início do acúmulo excessivo de colmos e de material morto. Trabalhos desenvolvidos com diversas espécies forrageiras tropicais têm demonstrado que esse ponto corresponde ao momento em que a comunidade vegetal intercepta 95% da radiação incidente.

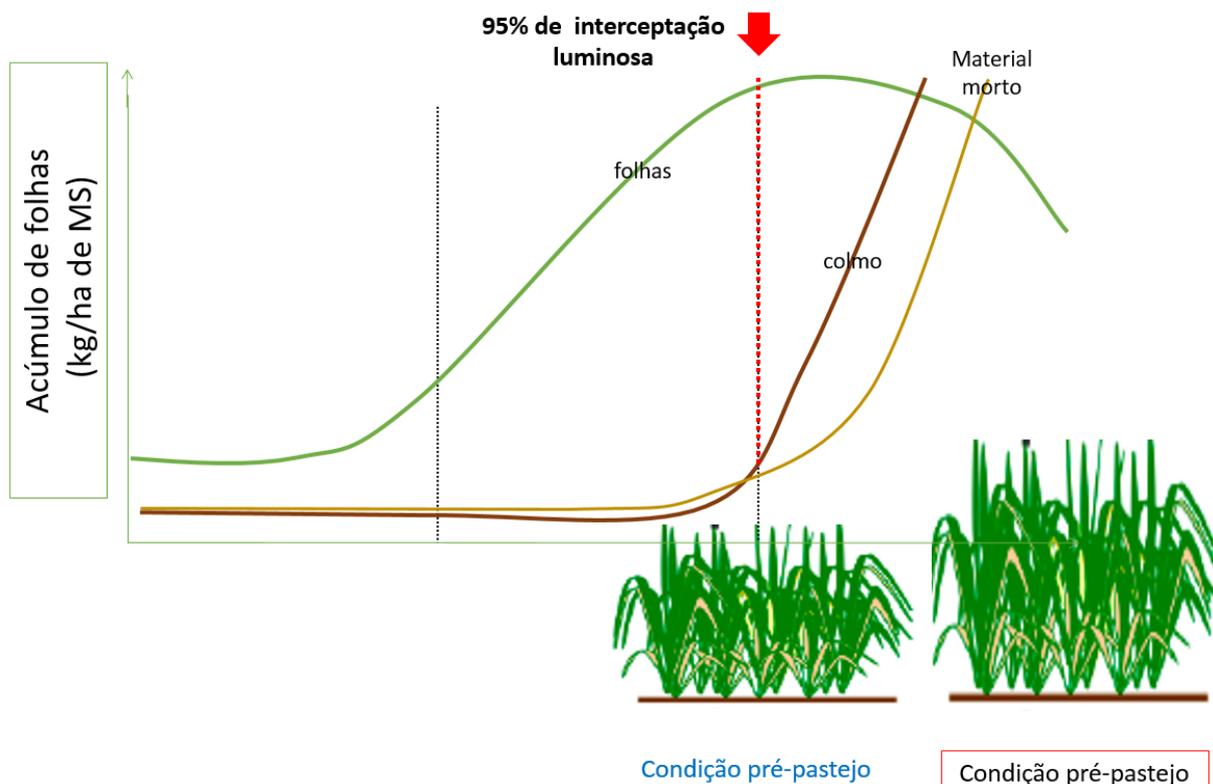


Figura 45 – Condição pré-pastejo ideal é representada pela altura onde o dossel intercepta 95% da radiação incidente.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Esse ponto pode ser determinado no campo por meio da altura do pasto, medida do nível do solo até o horizonte de visão formado pelo plano horizontal de folhas. Cabe ressaltar que cada espécie ou cultivar possui características morfológicas e estruturais (ângulo de folhas, número e tamanho de folhas, tamanho de perfilhos), assim como fisiológicas (velocidade de recuperação dos tecidos foliares, mobilização ou remobilização de assimilados) próprias e, portanto, a condição em que 95% da luz incidente são interceptados para espécies forrageiras diferentes corresponde a distintos valores de altura do dossel (Figura 45).

O ritmo de crescimento das plantas varia de localidade para localidade, de ano para ano, com uso de fertilizantes, corretivos e irrigação. Como o padrão de acúmulo depende da interceptação e competição por luz, quanto mais rápido um pasto crescer e/ou rebrotar, mais rápido ele estará em condições de receber animais para um novo pastejo, ou seja, mais rápido atinge a meta. Isso indica que o uso de dias fixos e predefinidos para intervalos de pastejo é bastante limitado e pode causar sérios prejuízos para a qualidade da forragem e produção animal. Esses prejuízos são mais críticos quanto melhores forem as condições de crescimento para as plantas, ou seja, quanto mais rápido elas crescerem.

#### **6.4 Reservas orgânicas em plantas forrageiras**

Reservas orgânicas são compostos de carbono (C) e nitrogênio (N) elaborados e estocados em órgãos permanentes das plantas e utilizados como substrato para manutenção e respiração durante períodos de estresse ou crescimento inicial de tecidos após a desfolhação (Sheard, 1973).

Segundo White (1973) os carboidratos de reserva compreendem os carboidratos não-estruturais (CNE), **onde sacarose e frutanas** são os constituintes de reserva predominantes em **gramíneas temperadas**, enquanto **sacarose e amido** são os principais compostos de reserva em **gramíneas tropicais e leguminosas perenes** (Li et al., 1996).

A habilidade das plantas em usar suas reservas de carbono (C) e nitrogênio (N) para rapidamente reestabelecer a área foliar fotossinteticamente ativa e restaurar o suprimento de assimilados de acordo com a demanda é um dos fatores chave, determinantes da sobrevivência da planta quando a produção de assimilados é inadequada, como durante o período inicial de crescimento após a desfolhação (Volenec et al., 1996), sobrevivência durante o inverno e renovação da população durante a primavera (White, 1973).

Os compostos de reserva são estocados em órgãos acima e abaixo da superfície do solo, os quais incluem raízes, rizomas e estolões, coroas e a base do colmo (Volenec et al., 1996), embora todas as partes da planta possam temporariamente funcionar como órgãos de reserva (Perry & Moser, 1974).

A contribuição de cada compartimento da planta para o suprimento de assimilados após a desfolhação varia amplamente segundo a espécie. Em alfafa (*Medicago sativa* L.) compostos de C e N são estocados e remobilizados a partir da coroa e raiz principal para suportar o crescimento da parte aérea (Avicé et al., 2001). Em trevo branco (*Trifolium repens* L.), as raízes e estolões funcionam como os principais órgãos de reservas para suportar o crescimento de folhas nos primeiros 6 dias após a desfolhação.

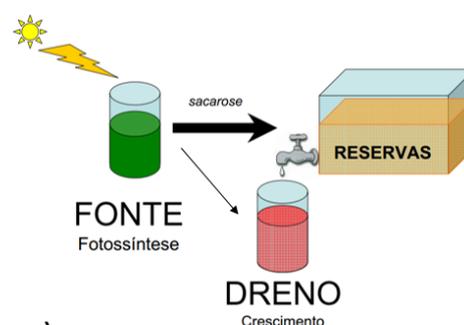
Oliveira (2014) registrou concentrações similares de CNE em lâminas foliares e colmos de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). Contudo, cerca de 52% dos CNE registrados em folhas eram representados por amido, enquanto nos colmos mais de 85% eram compostos por açúcares. Soares Filho (2013) demonstrou maiores concentrações de CNE na base dos colmos relativamente às raízes em pastos de capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv.

Tanzânia) manejados sob lotação intermitente, independentemente da adubação nitrogenada (0, 50, 100 ou 150 kg/ha de N). Esses resultados apontam o colmo (além das raízes) como importante estrutura para o fornecimento de carboidratos após a desfolhação em gramíneas tropicais.

As diversas partes da planta que possuem cloroplastos são capazes de fazer fotossíntese. Embora porções como as bainhas foliares possam fazer fotossíntese, os carboidratos formados são utilizados para a respiração desse órgão. As folhas maduras são capazes de produzir assimilados em grande quantidade. Uma parte destes é utilizado na respiração do tecido, sendo o excedente transportado para outras partes que se encontram em balanço negativo (produção menor que a demanda). Assim, uma **fonte** é a parte da planta que produz fotoassimilados (carboidratos), sendo o excedente transportado para outras partes (Figura 46). Também é considerado uma fonte os locais de armazenamento de carboidratos não produzidos no mesmo órgão.

**Fontes:** local de produção ou reserva de assimilados, ou seja, órgãos fornecedores de fotoassimilados

**Drenos:** são os órgãos ou tecidos que utilizam (drenos em crescimento) ou armazenam fotoassimilados (drenos de reserva)



Por exemplo, as raízes e a base do colmo armazenam carboidratos que foram produzidos pelas folhas e que não foram utilizados para o crescimento. Esses carboidratos normalmente são armazenados na forma de amido e serão utilizados no período noturno (onde não há fotossíntese, apenas respiração) ou crescimento inicial após a desfolhação.

Figura 46 - Esquema representativo da relação fonte e dreno.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

**Dreno** inclui órgãos não fotossintetizantes da planta e órgãos que não produzem produtos fotossintéticos o suficiente para o seu crescimento. Como exemplo pode-se citar raízes, tubérculos, frutos em desenvolvimento e folhas jovens, imaturas, que importam carboidrato para o seu desenvolvimento normal. Esses são chamados drenos em crescimento.

As folhas em seus estádios iniciais de desenvolvimento são consideradas tecidos heterotrófico (dreno). Na própria folha, a zona de crescimento, em geral na base dessa, funciona como dreno importando CHO de outras partes já desenvolvidas (normalmente o ápice da folha). Em folhas de dicotiledôneas, somente ao atingir de 30 a 60% de sua área foliar máxima, ela passa a ser autotrófica e exportadora de fotoassimilados. Em gramíneas, como a cana-de-açúcar, a importação de carboidratos pelo floema se mantém até a folha atingir 90% de sua área foliar máxima (Figura 47).

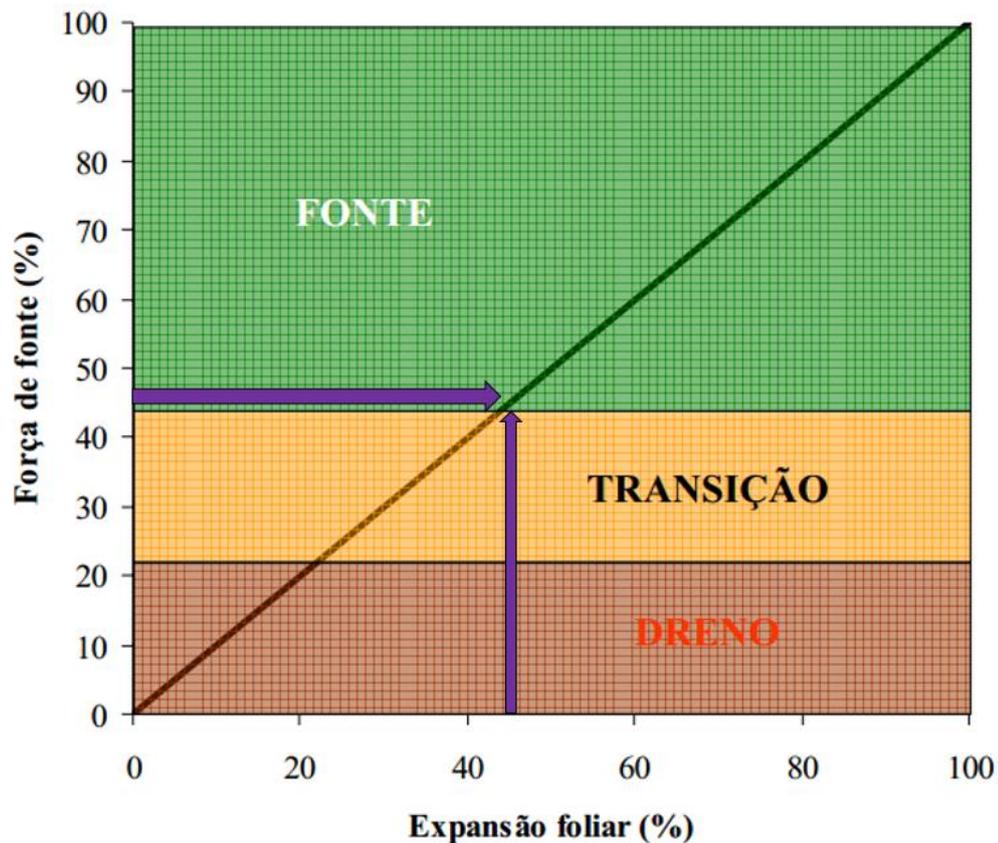
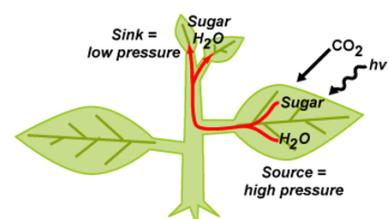


Figura 47 – Folhas em início de desenvolvimento são consideradas drenos de assimilados.  
 Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Existem também os drenos de reserva, como as raízes e base do colmo. Por exemplo, as raízes acumuladoras de certas plantas bianuais funcionam como dreno durante a primeira estação de crescimento, quando ela acumula açúcares recebidos das folhas. Durante a segunda estação de crescimento a mesma raiz torna-se uma fonte, o açúcar é remobilizado e utilizado para produzir nova copa. Assim também as raízes das gramíneas. Na fase inicial de rebrotação (após o pastejo) as raízes fornecem assimilados para o crescimento de folhas (raiz é fonte). Depois que a área foliar se desenvolve, os carboidratos excedentes serão destinados novamente ao armazenamento na raiz (raiz é dreno de reserva).

**Alocação de assimilados segue uma hierarquia na planta**

- Desenvolvimento foliar é prioridade durante o crescimento vegetativo
- Alocação para produção de novos perfilhos e raízes ocorre quando o suprimento de assimilados é maior que a demanda
- Em situações de restrição (precipitação ou temperatura), o crescimento da parte aérea é paralisado e maior proporção do C é alocado para raízes (acúmulo de reservas)



A prioridade na alocação de assimilados segue uma hierarquia na planta. Durante o período vegetativo, o desenvolvimento foliar é prioridade. Quando as folhas foram suprimidas, a planta investe seus assimilados na formação de novos perfilhos e reposição das reservas utilizadas das raízes. No período reprodutivo, a prioridade passa a ser a formação da inflorescência e enchimento das sementes.

Durante o período de outono-inverno, o crescimento é paralisado, função de restrições em fatores climáticos. Entretanto, a fotossíntese nas folhas continua a ocorrer, embora a taxas mais reduzidas. Os carboidratos produzidos nessas condições serão destinados às raízes e base dos colmos.

A partição de carboidratos e a importância relativa dos drenos muda ao longo do ciclo da planta, de acordo com a distribuição espacial e função fisiológica dos tecidos da planta.

Durante a fase vegetativa os meristemas apical e radicular são mais importantes, mas durante a fase reprodutiva as sementes se tornam os drenos preferenciais



## 6.5 Importância das reservas orgânicas para recuperação após o pastejo

Como vimos no item 6.3, diversas mudanças ocorrem na parte aérea da planta ao longo da rebrotação. O sistema radicular também sofre influência dos processos que ocorrem na parte aérea resultantes da remoção da área foliar.

### ✓ Fase inicial de rebrotação

Como vimos, a fase inicial de rebrotação é caracterizada pela presença de poucas folhas, que restaram do pastejo. Normalmente essas folhas possuem baixo potencial fotossintético, uma vez que as que restam estavam localizadas nos níveis de inserção mais abaixo no perfilho e foram submetidas ao sombreamento pelas folhas superiores. Nessa condição, somente os assimilados produzidos pelas folhas remanescentes pode não ser suficiente para sustentar o crescimento de folhas jovens. Nessa condição, a planta mobiliza as reservas orgânicas depositadas na base do colmo e sistema radicular. Isso faz com que no início da rebrotação o crescimento radicular seja

temporariamente paralisado e os carboidratos sejam destinados ao crescimento da parte aérea, causando uma diminuição na quantidade de reservas acumuladas nas raízes.

✓ Fase intermediária de rebrotação

Vimos que nessa fase, a planta já possui folhas expandidas, que asseguram os assimilados necessários ao crescimento de folhas jovens. Nessa fase, os perfilhos produzidos a partir das gemas basais e axilares também irão contribuir para o crescimento da parte aérea, pois são perfilhos jovens com alto potencial de fotossíntese e assimilação de C. Todos esses tecidos jovens contribuem para gerar um excedente de assimilados. Essa ‘sobra’ será destinada à reposição das reservas orgânicas das raízes.

✓ Fase final de rebrotação

Nessa fase, a parte aérea está pronta para o novo pastejo e, se o período de rebrotação for suficiente, as reservas das raízes já foram novamente preenchidas.

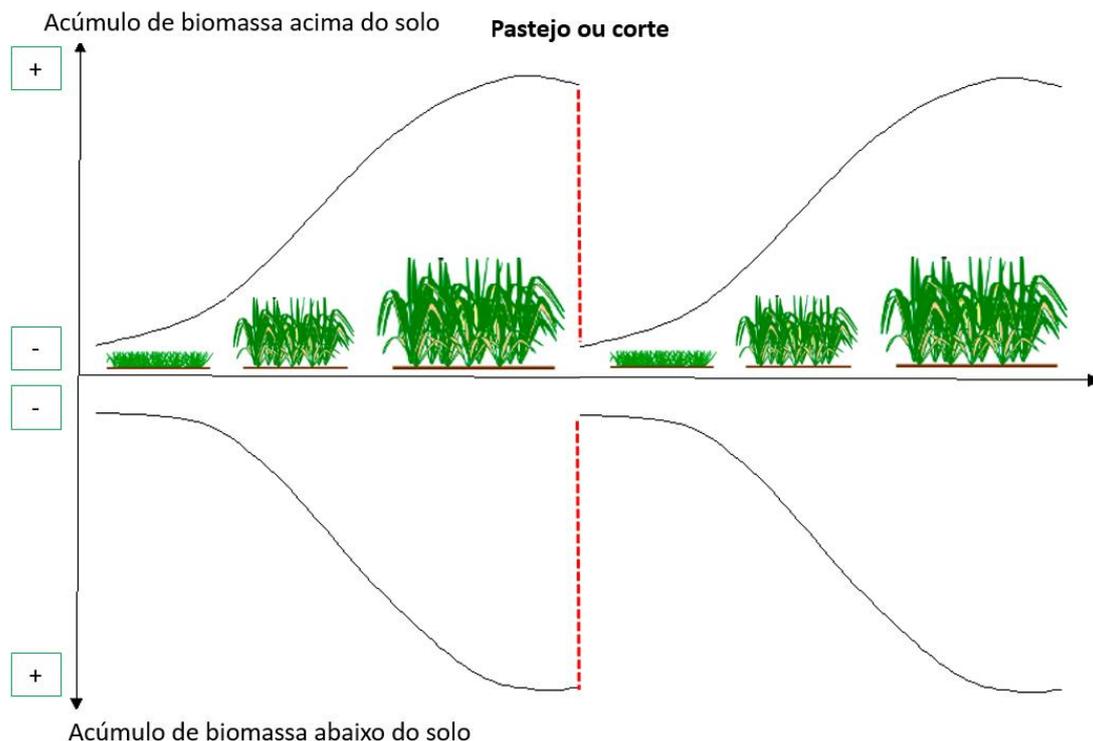
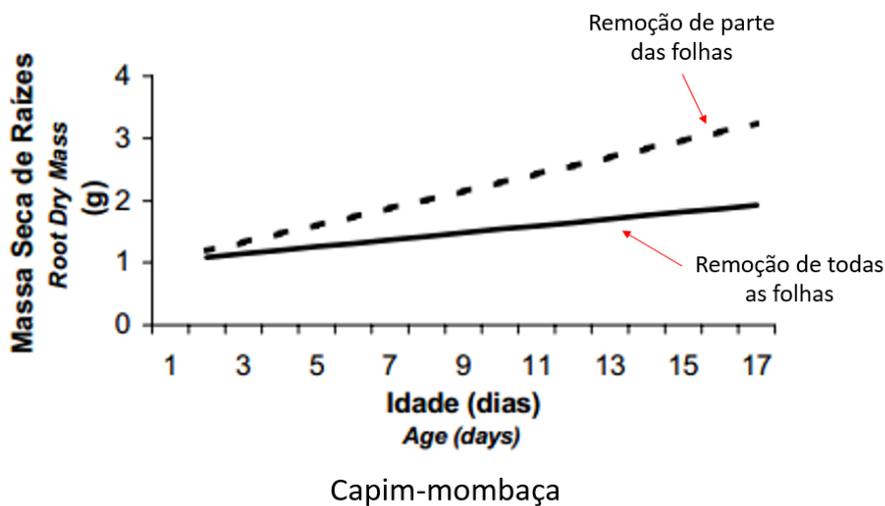


Figura 48 – Acúmulo de biomassa na parte aérea e raízes em pastejos sucessivos ao longo da rebrotação.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

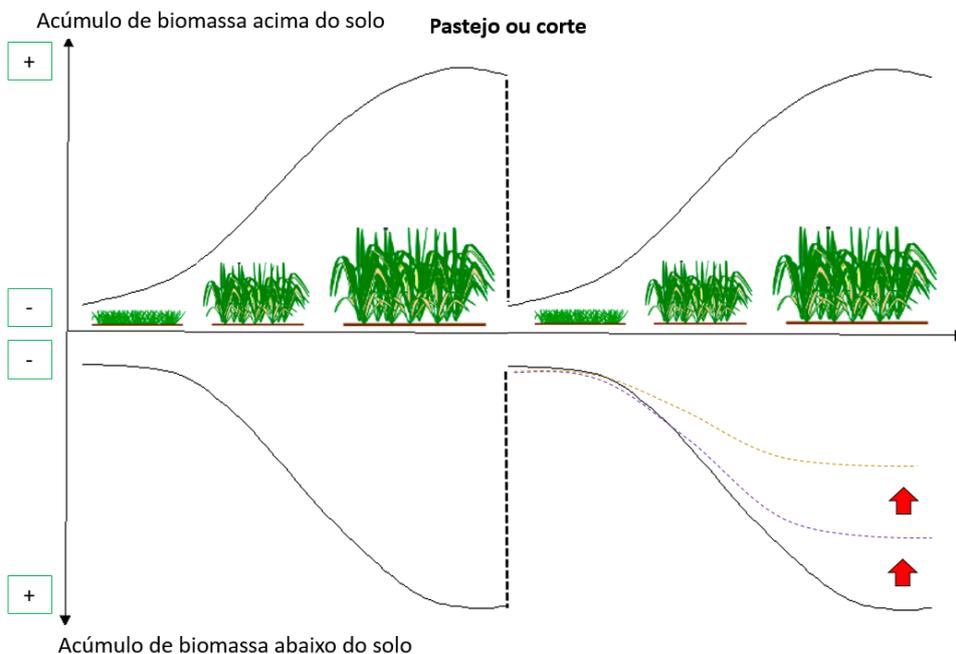
A recuperação dos níveis iniciais de reservas das raízes depende, em grande parte, das condições de manejo adotadas. Se todas as folhas da parte aérea forem removidas, a planta continuará utilizando as reservas das raízes para o crescimento da parte aérea por períodos mais prolongados. Nessa situação, quando a parte aérea atinge a fase final de rebrotação (condição pré-pastejo), o sistema radicular não conseguiu repor as reservas mobilizadas (Figura 49) e seu crescimento permanece paralisado. No pastejo seguinte, a planta iniciará a fase inicial de rebrotação com menor massa de raízes e com menor quantidade de assimilados estocados.



pré-pastejo), o sistema radicular não conseguiu repor as reservas mobilizadas (Figura 49) e seu crescimento permanece paralisado. No pastejo seguinte, a planta iniciará a fase inicial de rebrotação com menor massa de raízes e com menor quantidade de assimilados estocados.

Figura 49 – Massa seca de raízes quando todas as folhas foram removidas ou apenas parte delas.

Assim, a adoção de pastejos intensos que removem grande parte da área foliar deixando poucas folhas remanescentes vai causando uma queda gradativa na capacidade da planta em repor a parte aérea. O crescimento passa a ser mais demorado e, no longo prazo, a planta pode perder a habilidade de produzir novos perfilhos. Isso gera o aparecimento de áreas de solo descoberto,



que favorecerão o aparecimento de plantas indesejáveis, que competirão por recursos com a planta forrageira. No longo prazo, esse processo levará a pastagem à degradação (Figura 50).

Figura 50 – Esquema do efeito da adoção sucessiva de pastejos intensos sobre o acúmulo de biomassa das raízes.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Resíduos elevados, representados por pastejos lenientes, também não são adequados. Embora a mobilização de carboidratos das raízes possa ser menor, muita forragem será perdida pela parte aérea em função do sombreamento.

### A condição pós-pastejo



## 6.6 Dinâmica da população de plantas

Como vimos anteriormente, existem processos que ocorrem no indivíduo, que são representados morfogênese, e processos que acontecem em nível de população, representados pelas taxas de aparecimento e morte de perfilhos da comunidade de plantas.

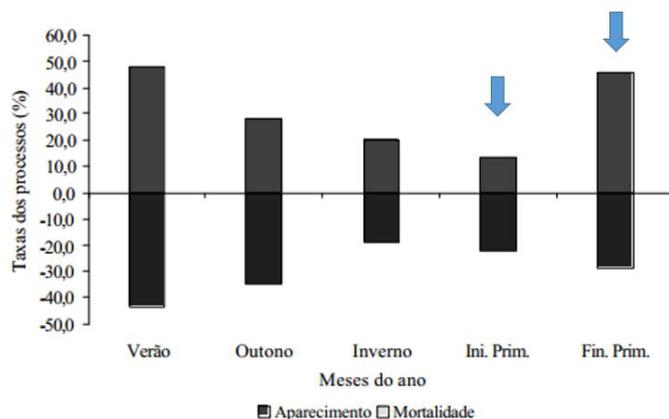
A perenidade de uma pastagem e a manutenção da produção de forragem ao longo do ano são conferidas pelo sucessivo recrutamento de perfilhos (perfilhamento) a partir das gemas.

A variação nos fatores climáticos ao longo do ano afeta a capacidade da planta em ativar as gemas e produzir novos perfilhos (aparecimento de perfilhos), assim como pode definir elevada mortalidade de indivíduos na população (mortalidade de perfilhos). Uma população de plantas é mantida estável quando um novo perfilho aparece a cada perfilho que morre.

Nas épocas onde há disponibilidade de fatores de crescimento (final de primavera – nove e dez – e verão), os animais realizam maior número de pastejos. Certa mortalidade de perfilhos ocorre, principalmente pelos efeitos do pisoteio e da remoção do meristema apical. Para compensar essa mortalidade, a planta investe no aparecimento de novos perfilhos. Assim, nessas épocas, as taxas de aparecimento e mortalidade são elevadas, a sobrevivência de cada geração é baixa pois a renovação dos indivíduos é alta, mas a população permanece estável (Figura 51).

Na medida em que as temperaturas e o fotoperíodo se reduzem na entrada do outono, o aparecimento de perfilhos também começa a se reduzir, embora a mortalidade permaneça. Assim,

a mortalidade pode superar o aparecimento, gerando um balanço negativo na população e uma possível redução em número de perfilhos presentes na pastagem. No inverno, as taxas de aparecimento são muito baixas e para se manter na área, a planta investe na sobrevivência dos indivíduos que possui. Assim, o aparecimento e a mortalidade de indivíduos é baixo e a sobrevivência das gerações existentes é alta (Figura 51).



Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos em pastos de capim-Marandu mantidos a 10 cm de altura por bovinos em lotação contínua

O número de perfilhos vivos por área é determinado pela taxa e sazonalidade de aparecimento de novos perfilhos e sua longevidade

Figura 51 – Taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos ao longo das épocas do ano.  
Fonte: Adaptado de xxxxxx.

O início de primavera (setembro e outubro) representa uma época crítica para a população. Os perfilhos existente na comunidade são aqueles que foram produzidos no final do verão e início do outono e, portanto, estão sujeitos a um período de restrição de cerca de 120 a 160 dias. Nessa época, se verifica intensa mortalidade de perfilhos de forma que o aparecimento é muito baixo, pois as condições climáticas adequadas ainda não foram reestabelecidas. No final de primavera, a dinâmica reinicia.

**Essa dinâmica sazonal ocorre independentemente do manejo adotado ou da quantidade de adubação utilizada, pois o que direciona os processos é a disponibilidade de fatores do meio.**

Por exemplo:

Caminha et al. (2009) avaliaram se a adubação nitrogenada afetava o balanço entre o aparecimento e a mortalidade de perfilhos em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm de altura sob lotação contínua. Os autores verificaram que no outono e inverno, o balanço foi negativo independentemente da dose de adubação utilizada. Entretanto, pastos adubados com 450 kg/ha de N foram capazes de manter a sobrevivência dos perfilhos mais alta no início de primavera, de forma que nessa condição, o crescimento foi favorecido quando do retorno de das condições climáticas.

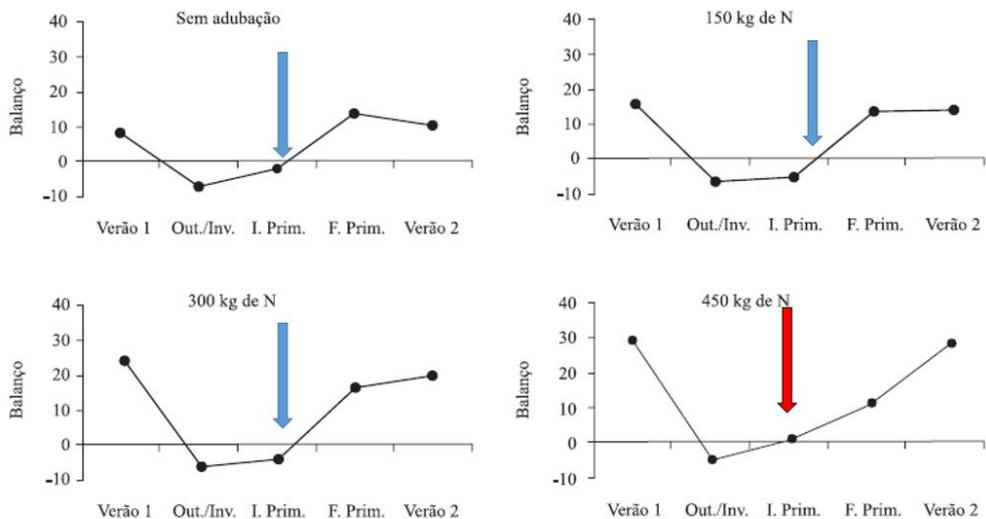


Figura 2. Balanço entre aparecimento e morte de perfilhos [número de perfilhos/(100 perfilhos x 30 dias)] em pastos de capim-marandu submetidos a lotação contínua e adubação nitrogenada no verão 1, 1/1 a 31/3/2007; outono/inverno, 1/4 a 31/8/2007; início da primavera, 1/9 a 15/11/2007; fim da primavera, 16/11 a 31/12/2007; verão 2, 1/1 a 15/4/2008.

Mudanças no número de perfilhos por área ocorrem quando o recrutamento de novos perfilhos é menor ou maior que a mortalidade

Figura 52 – Balanço entre aparecimento e mortalidade de perfilhos ao longo das épocas do ano. Fonte: Adaptado de Caminha et al. (2009)

Entretanto, o manejo da pastagem determina o número e o tamanho de perfilhos que serão mantidos na população. Em pastos mantidos baixos, a planta investe na produção de um maior número de perfilhos, mas produz perfilhos menores. O oposto ocorre quando os pastos são mantidos altos, onde o número de perfilhos é menor, mas cada perfilho possui um tamanho maior.

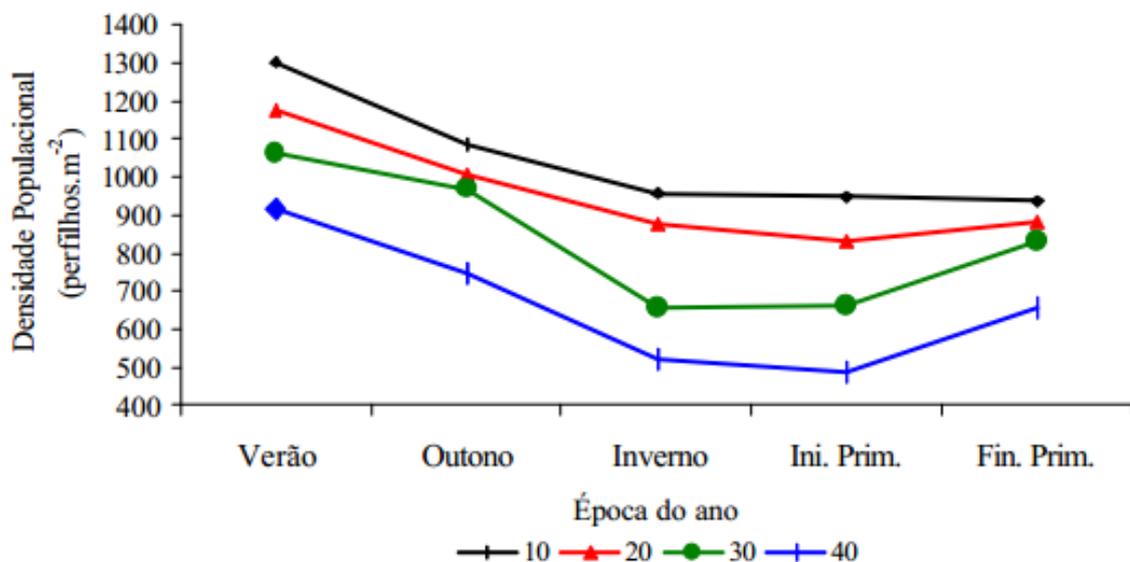


Figura 53 – Número de perfilhos ao longo das épocas do ano em pastos de capim-marandu mantido a 10, 20, 30 e 40 cm sob lotação contínua.

Fonte: Adaptado de xxxxxxxxx

Dessa forma, o que se observa é que toda estratégia de manejo que acelera os processos de aparecimento e mortalidade da população, resultam em uma renovação mais acelerada dos perfilhos. Se a renovação é maior, cada geração da população é mais jovem. Perfilhos jovens possuem maior potencial de crescimento e menor senescência de folhas, o que maximiza a produção de forragem. Além disso, perfilhos jovens possuem maior valor nutritivo que perfilhos velhos e, portanto, maior potencial de consumo e ganho de peso de animais mantidos em pastejo.

Assim, populações de perfilhos mais jovens são verificadas quando:

- Em lotação intermitente, quando a frequência de desfolhação é alta, ou seja, o período de rebrotação ou descanso dos pastos é menor
- Em lotação contínua, quando a altura de manejo é mais baixa, desde que dentro dos limites de tolerância das plantas;
- Quando o manejo é adequado e os pastos são submetidos a doses maiores de adubação nitrogenada.

Paiva (2009) avaliou o efeito da dose de nitrogênio sobre a proporção de perfilhos jovens, maduros e velhos em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm sob lotação contínua. O autor verificou que quanto maior a dose de N, maior era a proporção de perfilhos jovens no pasto (70% da população quando utilizou 450 kg N/ha). Essa população jovem foi resultante das maiores taxas de aparecimento e mortalidade de indivíduos, que gerou gerações menos longevas em função da maior velocidade de renovação da população.

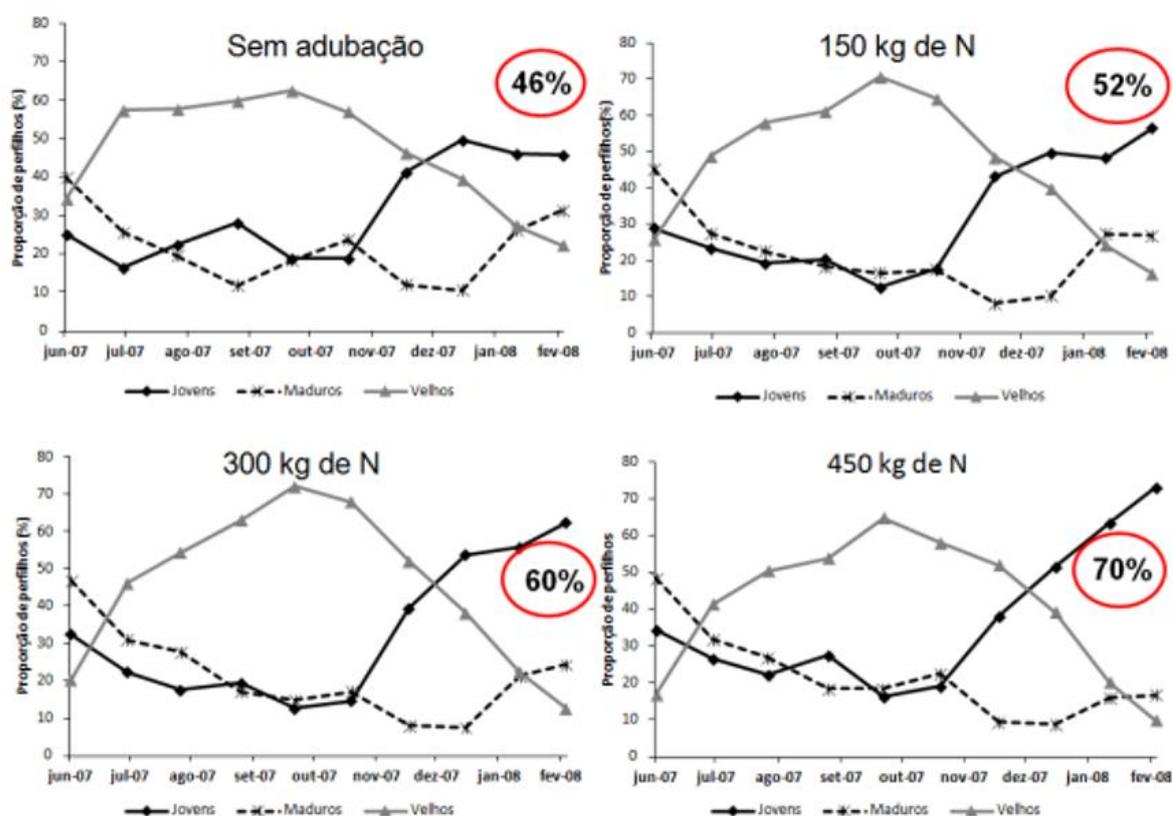


Figura 54 – Efeito do nitrogênio sobre a proporção de perfilhos jovens, maduros e velhos em pastos de capim-marandu mantidos a 30 cm sob lotação contínua.

Fonte: Adaptado de Paiva (2009)

## **7 Fatores que afetam o valor nutritivo das plantas forrageiras**

### **7.1 Introdução**

As forragens são os principais alimentos para ruminantes, e pertencem ao grupo de alimentos conhecidos como “volumosos”. Volumosos (ao contrário dos concentrados) são aqueles alimentos de baixo teor energético, com altos teores em fibra. Os volumosos possuem menos de 60% de NDT e ou mais de 18% de fibra bruta (FB) e podem ser divididos em secos e úmidos.

Um grande número de espécies forrageiras está disponível para exploração como volumosos e são representadas por gramíneas e leguminosas. Cada uma delas, além de características particulares de crescimento e desenvolvimento, apresentam variações qualitativas não somente entre espécies ou cultivares, mas também, em diferentes partes da planta, estágio de desenvolvimento (idade) e condições edafoclimáticas e de manejo as quais estão submetidas.

**Valor nutritivo de um alimento** refere-se à composição química, sua digestibilidade e a natureza dos produtos de digestão (Mott & Moore, 1970). É, portanto, um termo usado para quantificar a presença e a disponibilidade de nutrientes em um alimento, e auxilia na predição do desempenho animal.

### **7.2 Fatores que afetam o valor nutritivo das pastagens**

#### a) Espécie forrageira

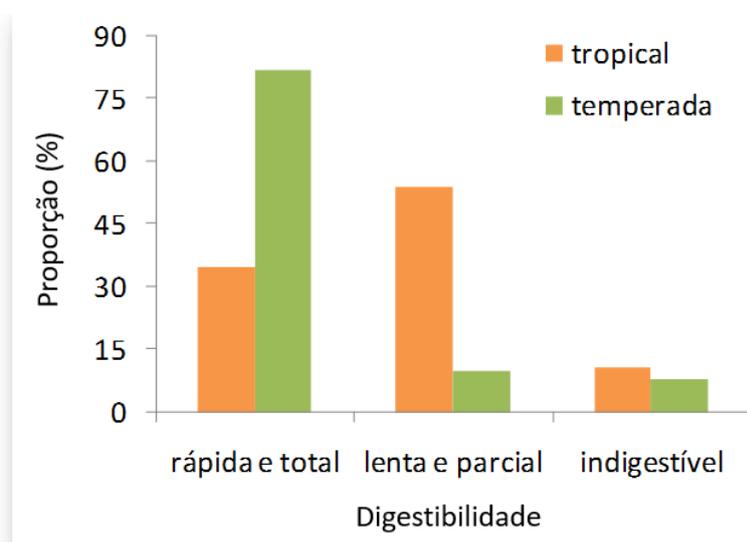
A evolução das plantas foi realizada em diversos ambientes. As plantas que evoluíram sob pastejo desenvolveram mecanismos de proteção contra o ataque predatório, como a lignificação, a cutinização, o acúmulo de silício, a produção de compostos secundários (alcalóides, compostos fenólicos) e arquitetura prostrada. Além disso, o processo de evolução se deu em regiões com as mais diversas condições climáticas, de forma que a planta precisou ajustar seu metabolismo para adaptar-se as condições vigentes. Atualmente, portanto, as espécies forrageiras são classificadas em plantas C3 e C4 (veja capítulo 2), as quais possuem estrutura da folha e da planta distintas, resultantes das condições ambientais e pressão de seleção induzida pelo pastejo vigentes ao longo de seu processo evolutivo.

Assim, espécies forrageiras diferentes crescendo sobre mesmas condições ambientais demonstram características de valor nutritivo diferentes. Leguminosas tropicais apresentam-se mais ricas em PB, cálcio e fósforo do que as gramíneas tropicais, o que explica em parte, o seu valor nutritivo mais elevado. As leguminosas, quer sejam de clima tropical ou temperado, apresentam teores proteicos similares, ao passo que as gramíneas de clima tropical, demonstram valores proteicos inferiores às de clima temperado. Portanto, as variações na composição química entre as espécies, são resultado do metabolismo das plantas, resultantes de **fatores genéticos**.

Carvalho e Pires (2008) explicam que, na planta, as células do mesófilo, possuem parede delgada não lignificada. É um dos primeiros tecidos a sofrer digestão, embora esta seja mais rápida em gramíneas de clima temperado. No caso da digestão mais lenta do mesófilo em gramíneas tropicais, isso decorre do arranjo mais compacto das células, que se dispõem de forma justaposta com poucos espaços intercelulares, o que dificulta o acesso dos microorganismos ruminais e retarda o processo de fragmentação do tecido. A fragmentação dos tecidos pela mastigação e o acesso dos microorganismos às células do mesófilo é ainda mais dificultada porque a epiderme (parede celular) das gramíneas tropicais está firmemente aderida aos feixes vasculares. Nas gramíneas de clima temperado e nas leguminosas, as células do mesófilo se dispõem de forma mais dispersa com muitos espaços intercelulares. Isso permite uma penetração mais rápida dos microorganismos, facilitando a digestão das folhas. Além disso, a menor

superfície de contato entre as células contíguas favorece a fragmentação do tecido, resultando em partículas de menor tamanho.

Em forrageiras de metabolismo C4 as células da bainha dos feixes vasculares são bastante desenvolvidas e ricas em cloroplastos. As gramíneas C3 também apresentam uma bainha de células circundando os feixes vasculares, entretanto esta bainha é pouco desenvolvida, desprovida de cloroplastos e facilmente digerida pelos microorganismos ruminais. A digestão da BFV de gramíneas C4 é lenta ou incompleta, devido à sua parede celular espessada. Isto dificulta o acesso dos microorganismos ruminais aos nutrientes no interior das células. Gramíneas C4 apresentam maior frequência de feixes vasculares na folha, quando comparadas com gramíneas C3, o que está associado com a estrutura anatômica característica das dessas forrageiras (nervura central lignificada). Isso faz com que as gramíneas C4 apresentem uma maior proporção de tecidos menos digestíveis como tecido vascular lignificado, esclerênquima e bainha do feixe vascular (Figura 55).



## Gramíneas tropicias vs. temperadas

Figura 55 – Gramíneas forrageiras temperadas (C3) possuem maior proporção de tecidos de rápida digestibilidade, enquanto as gramíneas tropicais (C4) possuem maior proporção de tecidos de digestibilidade lenta e parcial.

Fonte: Adaptado de Carvalho e Pires (2008)

A digestibilidade é a medida da proporção do alimento consumido que é digerido e metabolizado pelo animal. A princípio, a digestibilidade potencial de todos os componentes da planta, exceto a lignina é de 100%, contudo, a digestão completa nunca acontece devido às incrustações de hemicelulose e celulose pela lignina, que tem efeito protetor contra a ação dos microorganismos do rúmen. Gramíneas de clima tropical são em média 13% menos digestíveis que as espécies de clima temperado. Assim, enquanto que a maioria dos capins de clima temperado tem digestibilidade superior a 65%, poucas espécies tropicais atingem este patamar.

O melhoramento genético visando alta produção, resistência a pragas e doenças, adaptação a ambientes hostis, normalmente são antagônicos ao valor nutritivo. Entretanto, sistemas de melhoramento mais recentes levam em consideração a avaliação do valor nutritivo das plantas.

## b) Estádio de desenvolvimento (maturidade)

A distribuição dos diversos componentes químicos nas plantas, variam em diferentes tecidos e órgãos, em razão de especificidade da organização física das células vegetais. De um modo geral, os principais constituintes químicos das plantas forrageiras, podem ser divididos em duas grandes categorias: aqueles que compõem a estrutura da parede celular, que são de baixa disponibilidade no processo de digestão, e aqueles contidos no conteúdo celular, de maior disponibilidade. Os componentes do conteúdo celular envolvem substâncias solúveis em água ou levemente solúveis em água, tais como: amido, lipídios e algumas proteínas que são digeridas tanto por enzimas de microrganismos, quanto por aquelas secretadas pelo aparelho digestivo dos animais. Já os componentes da estrutura da parede celular incluem em sua maior parte carboidratos e outras substâncias cuja digestão é totalmente dependente da atividade enzimática dos microrganismos do trato gastrointestinal dos ruminantes.

As composições química e física dos tecidos estão diretamente relacionadas às suas funções na planta. Tecidos de sustentação apresentam células densamente agrupadas, com paredes espessas e lignificadas. Tecidos de assimilação são ricos em cloroplastos e apresentam células com parede delgada e não-lignificada (Paciullo, 2000). Nesse sentido, folhas em diferentes estágios de desenvolvimento (em expansão ou expandidas), colmos e inflorescências possuem composição química e digestibilidade diferentes.

**Folhas velhas são menos nutritivas que folhas novas**

**Caules são menos nutritivos que folhas**

**A parede celular é menos nutritiva que o conteúdo celular**

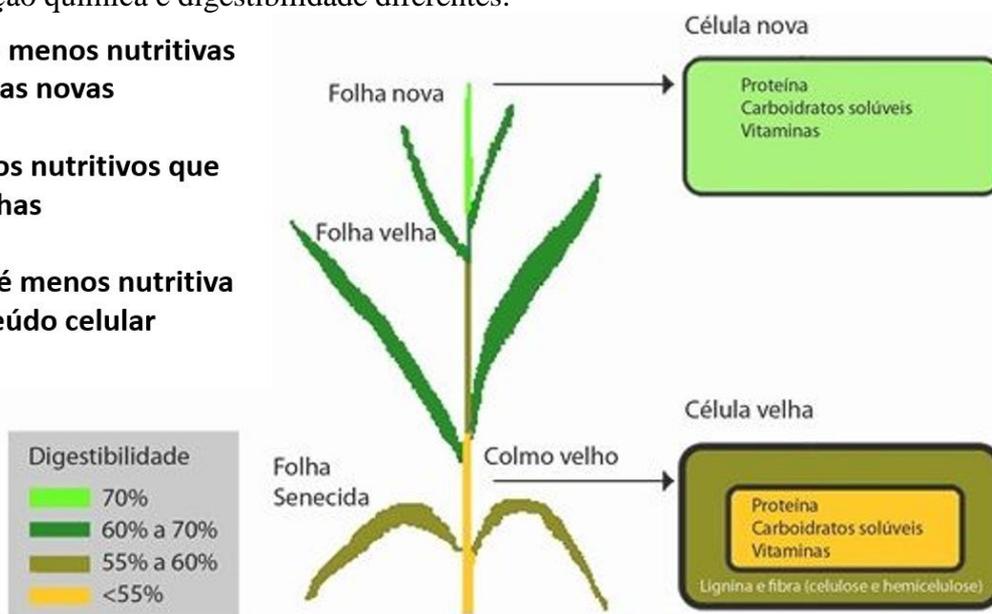


Figura 56 – Variação em valor nutritivo conforme as partes da planta.

Fonte: Adaptado de xxxxx

Assim, a porção superior do dossel forrageiro, que é composto basicamente por folhas jovens possui maior teor de PB e DIVMS, sendo que o valor nutritivo diminui na medida em que os estratos do dossel estão mais próximos do nível do solo (Figura 57).

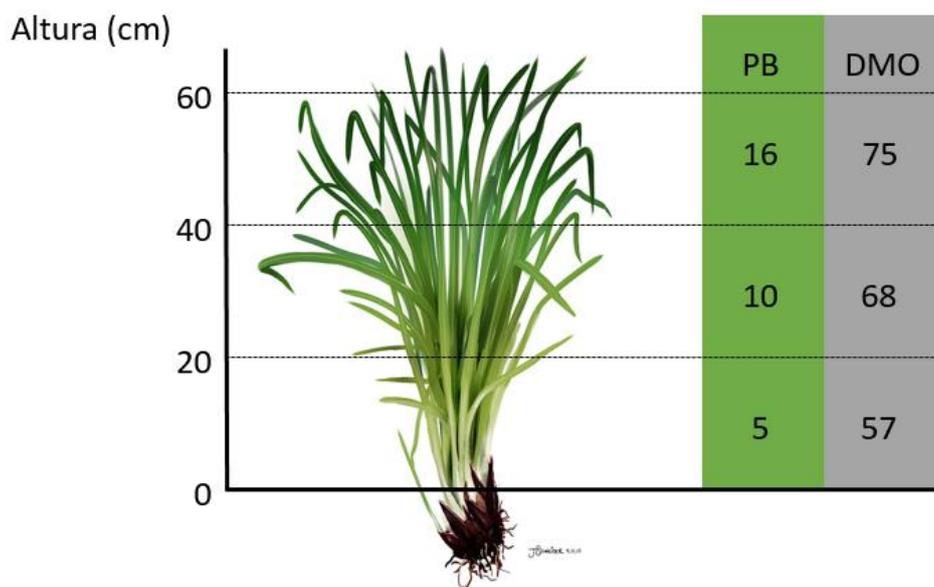


Figura 57 – Variação em valor nutritivo conforme a altura do dossel.

Fonte: Adaptado de xxxxx

O estágio de desenvolvimento da planta apresenta ampla relação com a composição química e digestibilidade das forrageiras (Figuras 58 e 59).

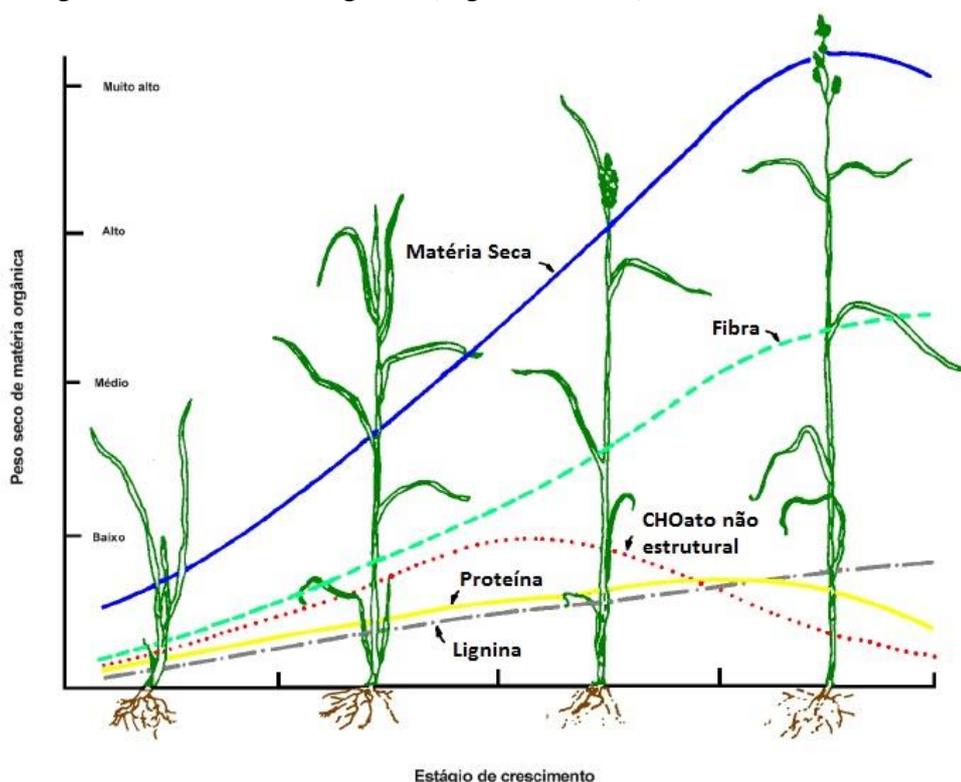
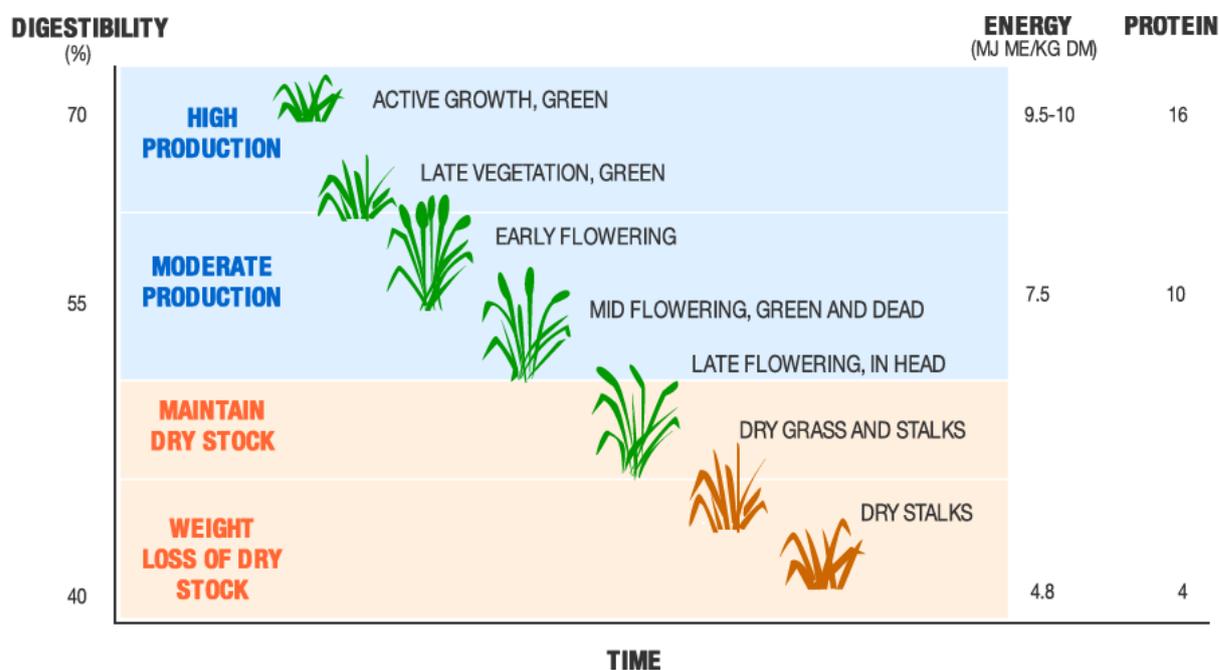


Figura 58 – Variação em valor nutritivo conforme o estágio de desenvolvimento da planta.

Fonte: Adaptado de xxxxx

Nos estádios iniciais de desenvolvimento, apenas o xilema é lignificado. Com o crescimento da planta, ocorrem aumento nos teores de carboidratos estruturais e lignina, e redução no conteúdo celular, o que invariavelmente proporcionará redução na digestibilidade. São alteradas as estruturas das plantas com elevação da relação caule:folha, onde as plantas mais

velhas apresentam maiores proporções de colmos do que folhas, tendo portanto, reduzido o seu conteúdo em nutrientes potencialmente digestíveis.



Com a maturação, há diminuição do teor de proteína

Além da perda de proteína, a proteína torna-se menos disponível com a maturação

Há espessamento da parede celular e, portanto, aumento de CHO estruturais (menos digestíveis)

Há perda de conteúdo celular e conseqüente queda na digestibilidade  
Conteúdo celular: CHO solúveis, proteínas e lipídios mais digestíveis para ruminantes

Figura 59 – Variação em valor nutritivo com o estágio de desenvolvimento da planta.

Fonte: Adaptado de xxxxx

As concentrações proteicas nas espécies forrageiras são maiores nos estágios vegetativos da planta e declinam na medida em que as mesmas atingem a maturidade. O conteúdo de proteína na maturidade é função de diferenças entre espécies, nível inicial de proteína na planta, e das proporções de caule e folha da planta. Algumas espécies mantêm elevados valores proteicos durante o desenvolvimento, mas invariavelmente declinam com o florescimento.

A digestibilidade das espécies tropicais diminui de forma contínua com o avançar do desenvolvimento, e as espécies com digestibilidades iniciais mais altas, declinam a digestibilidade a taxas mais acentuadas que aquelas com digestibilidade inicial mais baixa. Espécies dos gêneros *Brachiaria*, *Setaria* e *Digitaria*, em geral mostram taxas de declínio mais lento, se comparadas com espécies dos gêneros *Panicum*, *Chloris* e *Hypparrhenia*. A época da colheita da forragem quer seja pelo corte ou pastejo, deve estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta e conseqüentemente ao seu valor nutritivo. Colheitas de plantas mais velhas implica na colheita de alimento com baixa proporção de carboidratos solúveis e de baixa digestibilidade.

O processo de maturação que é acompanhado pela redução do valor nutritivo, pode ser acelerado pela luminosidade, temperatura e umidade. Contudo, as características genóticas de cada espécie devem ser consideradas, e em geral, **o declínio do valor nutritivo com o avançar**

**do desenvolvimento é mais drástico em gramíneas que em leguminosas**, mesmo crescendo sobre condições semelhantes (Figura 60). Este declínio mostra-se mais lento nas leguminosas do que nas gramíneas possivelmente em razão do suprimento contínuo de nitrogênio proporcionado pela simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium*, e o ciclo metabólico fotossintético C3.

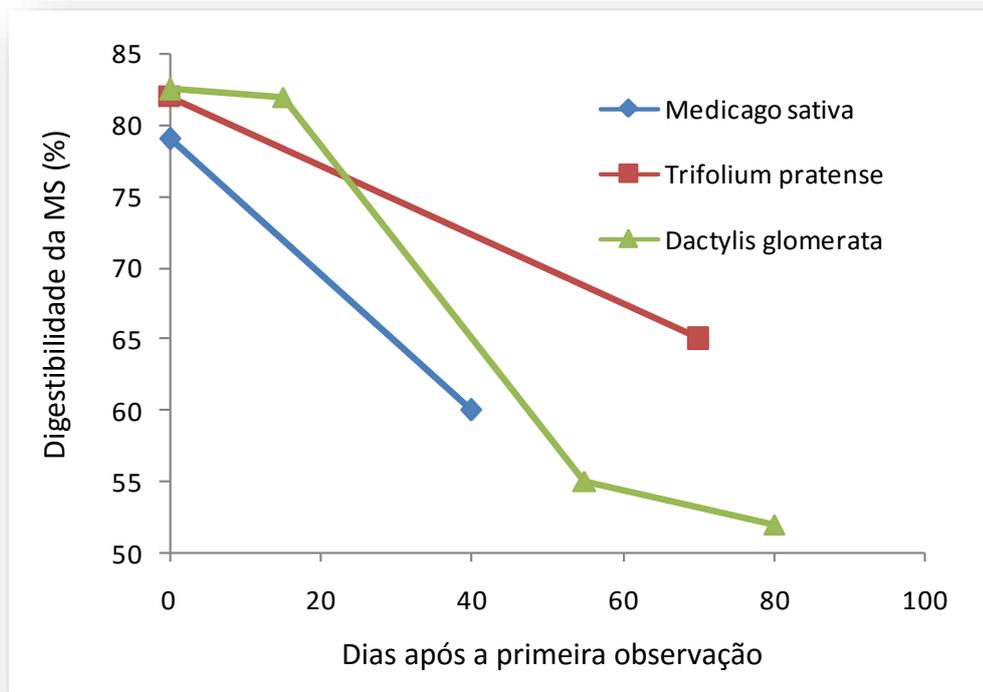


Figura 60 – Variação em valor nutritivo com o tempo em Alfafa (*M. Sativa* - C3 - leguminosa), Trevo (*T. Pratense* - C3 - leguminosa) e Dátilo (*D. Glomerata* - C3 - gramínea)

Fonte: Adaptado de xxxxx

### c) Condições climáticas

Os fatores de natureza climática que mais afetam a composição química das forrageiras são: a temperatura, a luminosidade e a umidade.

Elevadas temperaturas, que são características marcantes das condições tropicais, promovem rápida lignificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta em decréscimo do *pool* de metabólitos no conteúdo celular, além de promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular.

São verificadas reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, a redução sensível dos níveis de digestibilidade.

**Os efeitos da temperatura são mais acentuados em gramíneas do que em leguminosas, em razão da alta taxa de crescimento típica das espécies C4.**

A luminosidade garante o processo fotossintético e, conseqüentemente a síntese de açúcares e ácidos orgânicos, deste modo, independente da temperatura, a luminosidade promove elevação nos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos, com redução paralela nos teores de parede celular, aumentando assim a digestibilidade. Entretanto, os efeitos das altas temperaturas são, em geral, mais decisivos sobre a qualidade da pastagem.

Os efeitos da umidade sobre as plantas forrageiras, são bastante variáveis. Severas restrições hídricas, promovem paralisação do crescimento e morte da parte aérea da planta o que limitará a produção animal, tanto em razão da baixa qualidade quanto da disponibilidade da forragem. Por outro lado, deficiências hídricas suaves, reduzem a velocidade de crescimento das plantas, retardando a formação de caules, o que resulta em plantas com maiores proporções de folhas e conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis. Este efeito é particularmente verificado em gramíneas, uma vez que as leguminosas tendem a perder os folíolos com relativa facilidade mesmo sob déficit hídrico moderado o que reduz consideravelmente o seu valor nutritivo. Déficit hídrico moderado embora produza melhoria de digestibilidade em gramíneas, promove normalmente alguma redução de produtividade, além de eventualmente, tornar mais pronunciado os efeitos tóxicos de alcalóides e glicosídeos cianogênico que possam estar presentes em algumas espécies forrageiras.

#### d) Manejo

Como vimos no capítulo 6, as condições de manejo do pastejo (condições pré e pós-pastejo) assim como a utilização de adubação, afetam a dinâmica do crescimento de folhas e colmos ao longo da rebrotação e afetam a população de perfilhos.

Manejos que favorecem a renovação da população resultam em maior proporção de perfilhos jovens, o que favorece o valor nutritivo do material vegetal disponível para o animal sob pastejo.

Os efeitos do solo sobre as forragens podem ser avaliados sob dois aspectos: o da acumulação de minerais nas plantas e, da influência dos minerais na composição e da forragem. Plantas crescendo sobre diferentes solos demonstram diferentes balanços minerais que alteram sua composição e crescimento. O nível de fertilidade do solo e a prática da adubação reflete-se na composição química da planta especialmente nos teores de PB, fósforo e potássio e, conseqüentemente, sobre a digestibilidade e consumo da forragem.

Teor de PB em *Brachiaria decumbens* adubada com diferente doses de N e P

Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Dose de N (kg/ha)				médias
	0	100	200	300	
0	9,6	12,4	14,6	14,9	12,9
50	9,6	12,5	13,7	15,1	12,7
100	9,6	12,3	14,2	14,6	12,7
médias	9,6	12,4	14,2	14,9	

Fonte: Adaptado de xxxxx

O nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) são os macronutrientes primários e possuem importância vital para as plantas. O nitrogênio é componente de proteínas, clorofila e enzimas. É um nutriente responsável pelo crescimento vegetativo. O fósforo é importante para o enraizamento das plantas, formação e fecundação das flores e formação das sementes. Quando há deficiência de fósforo ocorre um atraso no desenvolvimento das plantas, há queda prematura das folhas, diminuição do número e tamanho dos botões florais e atraso no florescimento. O potássio tem funções importantes nas plantas que estão associadas principalmente com translocação de açúcares. Em caso de deficiência as plantas apresentam queda prematura das folhas mais velhas e uma cor verde intensa nas folhas mais novas.

É importante deixar claro, entretanto, que os efeitos positivos da adubação nitrogenada só serão obtidos se o manejo da pastagem estiver correto.

Por exemplo:

A adoção de períodos de descanso fixos (baseados em dias), independentemente da dose de adubação utilizada, poderia acarretar na colheita de forragem passada, com elevada proporção de colmos e material morto e, conseqüentemente, menor valor nutritivo. Dessa forma, para um mesmo período de rebrotação plantas submetidas a maiores doses de N já se encontram em fase de deposição de parede celular nas estruturas foliares o que, associado ao intenso alongamento de colmos concorre para a perda do efeito positivo do nitrogênio sobre o valor nutritivo. A Figura 61 traz uma representação das modificações em valor nutritivo com o avanço no período de crescimento em dosséis com baixo (doses baixas ou moderadas de N) ou alto N (elevadas doses de N).

Ao longo do processo de crescimento do dossel três fases distintas podem ser identificadas, as quais são caracterizadas pelo desenvolvimento das estruturas de crescimento da planta e do dossel, com conseqüentes efeitos sobre o valor nutritivo da forragem.

A Fase 1 representa o período inicial de rebrotação, o qual se dá a partir das folhas remanescentes e, em menor grau, a partir da mobilização de reservas da base dos colmos e raízes. O valor nutritivo da forragem nessa fase é menor em função da baixa massa de forragem e a presença de material do ciclo anterior de rebrotação. Na medida em que o crescimento foliar ocorre o valor nutritivo da forragem aumenta.

A Fase 2 é caracterizada pelo expressivo crescimento da planta, em que os recursos são direcionados quase que exclusivamente para o desenvolvimento foliar. Nessa fase o dossel apresenta a maior proporção de tecidos jovens (folhas e perfilhos) e, portanto, os maiores valores de DIVMS e menores de FDA e FDN.

O prolongamento do período de rebrotação conduz ao aumento na competição, principalmente por recursos luminosos. A quantidade e qualidade de luz no interior do dossel são reduzidas e os processos de alongamento de colmos e senescência das folhas mais velhas e/ou aquelas localizadas nos estratos inferiores do dossel assim como a mortalidade de perfilhos são intensificadas (Fase 3). A deposição de parede celular secundária aumenta e a proporção das frações solúveis diminui. Adicionalmente, aumento nas proporções de bainhas e colmos e maior proporção de material morto conduzem à diminuição na DIVMS e aumento nas proporções da fração fibrosa (FDA e FDN). O teor de N total continua aumentando, contudo, maior proporção deste pode permanecer imobilizado nas frações fibrosas e o nitrogênio efetivamente disponível na forma solúvel diminui.

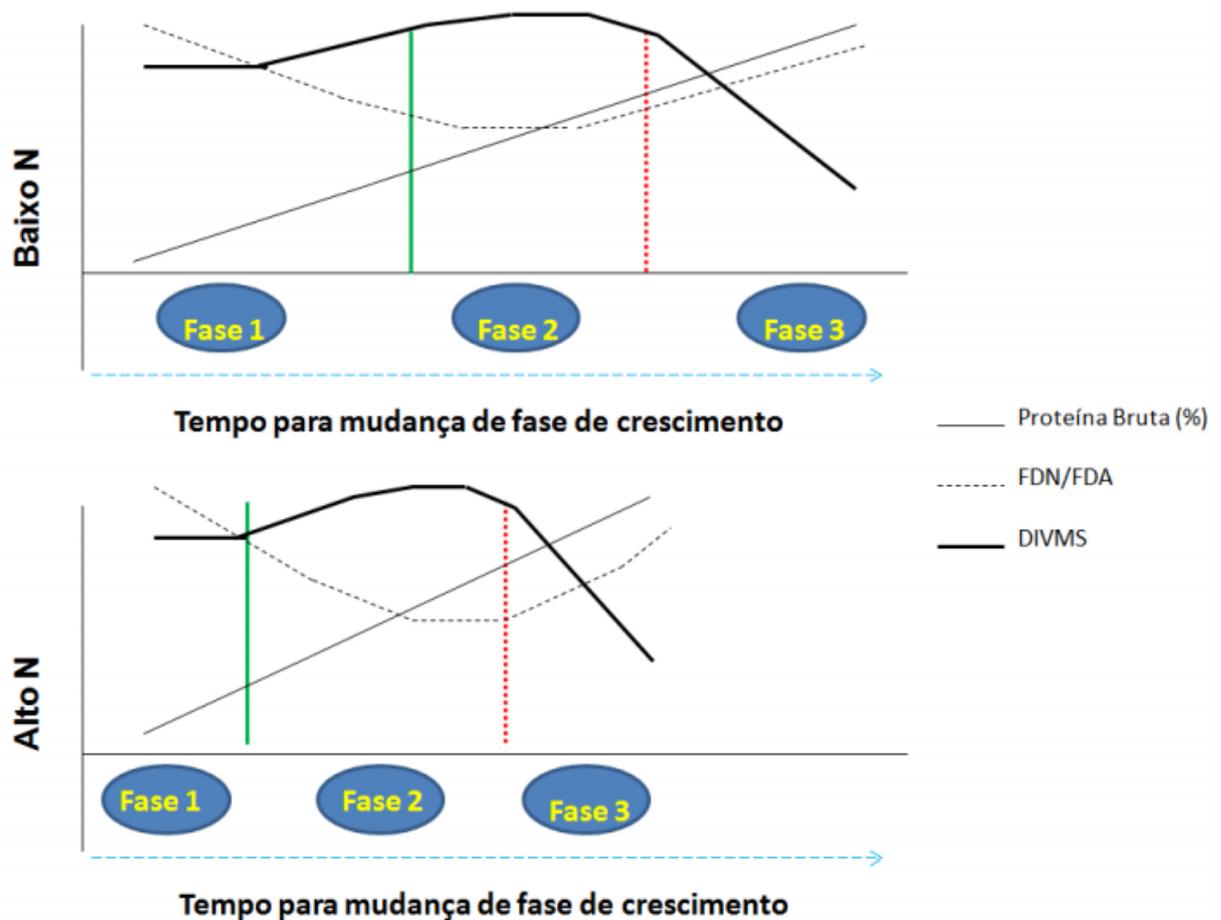


Figura 61 – Variação em valor nutritivo em pastos com alto ou baixo N  
 Fonte: Pedreira et al. (2013)

Conforme verificado na Figura 6 a duração de cada uma das fases varia segundo a quantidade de N aplicada, sendo menores quanto maior a dose de fertilizante. Embora a duração de cada fase e a intensidade das modificações em valor nutritivo sejam variáveis de acordo com a espécie forrageira, de forma geral, dosséis que recebem maiores doses de N apresentam modificações mais rápidas (menor duração de cada fase) em função da aceleração no crescimento. Nesse sentido, o ajuste em frequência de desfolhação é fator primário para que o efeito benéfico do nitrogênio possa se traduzir em aumento no consumo e desempenho animal.

### 7.3 Fatores que afetam a quantidade de forragem consumida

No contexto da avaliação da qualidade da forragem, sem dúvida os aspectos relacionados ao consumo, notadamente nos animais em pastejo, limitam sobremaneira a geração de dados que possam ser utilizados eficientemente nos sistemas de produção.

A quantidade de forragem consumida, segundo o esquema proposto por Mott & Moore (1970), depende da disponibilidade de material, “aceitabilidade” da forragem pelo animal e taxa de passagem do material consumido ao longo do trato digestivo. A disponibilidade de forragem depende dos fatores do meio, os quais determinam a taxa de crescimento do dossel, e manejo da pastagem. Em situações ou épocas do ano onde as condições do meio não limitam o crescimento vegetal, portanto, o manejo é o principal determinante da quantidade de forragem a ser ofertada ao animal.

A aceitabilidade da forragem depende da textura das folhas, as quais variam com a pilosidade, estágio de maturidade e características físicas dos tecidos vegetais, da distribuição de áreas de sub ou superpastejo ou áreas de deposição de fezes e urina. A taxa de passagem também está ligada a composição química do material consumido, quanto maior o valor nutritivo da forragem maior é a taxa de passagem. Espécies forrageiras quando manejadas dentro de seus limites de resistência e tolerância apresentam elevado valor nutritivo e, portanto, elevada aceitabilidade pelo animal.

Na avaliação do consumo dos animais em pastejo, deve-se atentar que fatores nutricionais e não nutricionais têm influência marcante na quantidade de forragem consumida. Os fatores não-nutricionais seriam aqueles relacionados ao comportamento ingestivo dos animais em pastejo e os fatores nutricionais aqueles relacionados a aspectos inerentes à digestibilidade, composição química da forragem e fatores metabólicos. Esses fatores são também conhecidos por comportamentais e não-comportamentais, respectivamente.

A análise da Figura 62 evidencia duas porções bem distintas, onde na fase inicial ascendente, a habilidade do animal em colher a forragem (fatores não-nutricionais) são os mais importantes limitando o consumo. A estrutura do dossel forrageiro e o comportamento ingestivo dos animais em pastejo, incluindo a seleção da dieta, tempo de pastejo, tamanho do bocado e taxa de bocados, têm efeito nesta fase. Nessa porção da curva o consumo é muito sensível a mudanças em massa de forragem, de forma que qualquer erro no dimensionamento da oferta de forragem pode resultar em grande impacto no desempenho animal. Todavia, na fase assintótica da curva, fatores nutricionais como digestibilidade, tempo de retenção do bolo alimentar no rúmen e concentração de produtos metabólicos parecem ser importantes reguladores da ingestão de forragem.

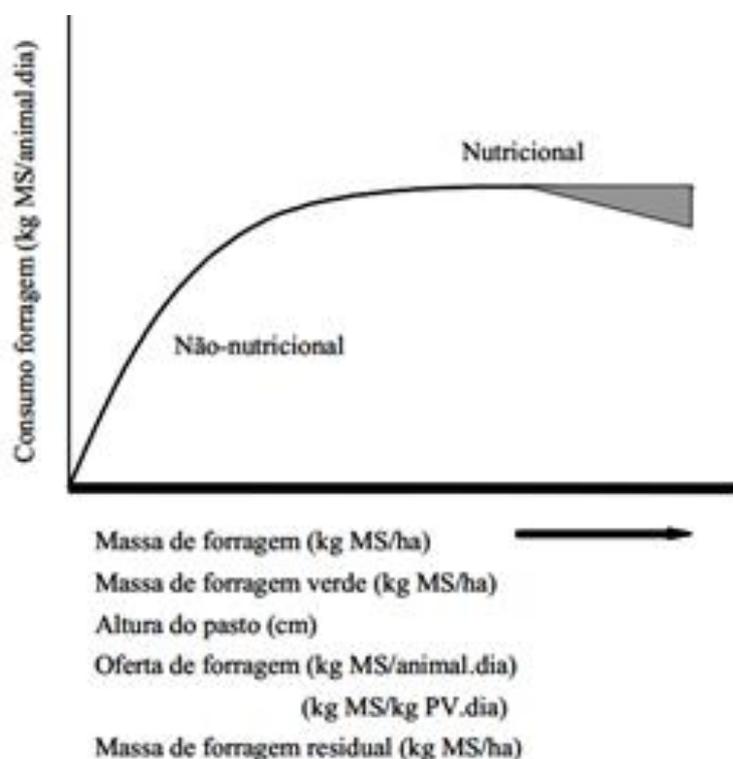


Figura 62: Consumo de forragem em condição de pastejo.

Fonte: Adaptado de Poppi et al., 1987.

## 8. Estacionalidade de produção das plantas forrageiras

### 8.1 Introdução

Desde a década de 90 vêm ocorrendo alterações no cenário mundial da produção de ruminantes, que estão associadas a abertura e globalização do mercado, a pressão pelo uso da terra (competição por outras culturas agrícolas, no caso do Brasil, expansão da soja e milho) e a pressão da sociedade pela adoção de modelos de exploração animal racionais e ambientalmente corretos. Nesse cenário, a pecuária tornou-se um empreendimento empresarial, em que a busca por competitividade e utilização eficiente dos recursos produtivos é imprescindível (Barcelos et al., 2008).

Estima-se que cerca de 88% da carne bovina produzida no país tenha origem em rebanhos mantidos no pasto. Contudo, as variações sazonais em fatores climáticos determinam oscilações em quantidade e qualidade da pastagem e, portanto, é impossível manter um equilíbrio entre o suprimento de forragem e a demanda de nutrientes pelos animais se estes forem mantidos exclusivamente em pastagens. Por isso, é necessário entender que a estacionalidade da produção das pastagens influencia na elaboração do planejamento das propriedades que se dedicam a atividade pecuária.

A estacionalidade de produção das plantas forrageiras, portanto, é uma expressão utilizada quando queremos nos referir oscilações na produção de forragem das pastagens como resultado das variações na disponibilidade de luz, temperatura média e a pluviosidade ao longo do ano (Figura 63).

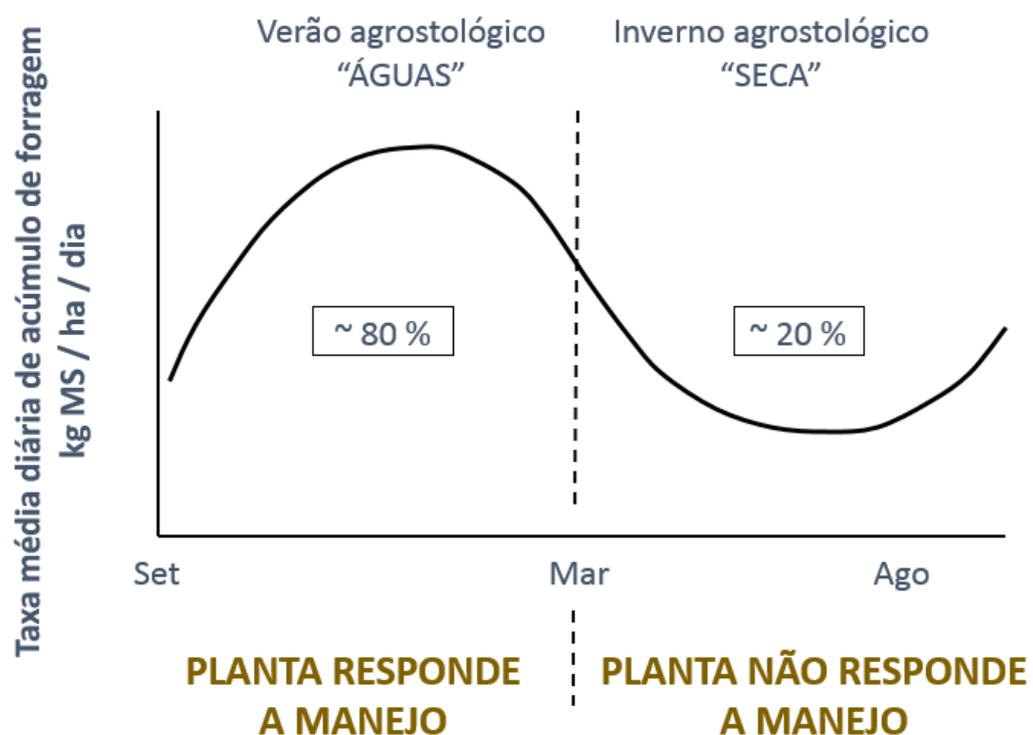


Figura 63: Oscilações na produção de forragem ao longo do ano.

Fonte: xxxx

Os fatores climáticos exercem grande impacto sobre as variações do ritmo de crescimento das plantas, impedindo a pastagem de crescer uniformemente durante o ano.

**Alternância entre períodos de crescimento vigoroso e a paralisação ou diminuição do ritmo de crescimento das plantas**

=

**Estacionalidade na produção de plantas forrageiras**

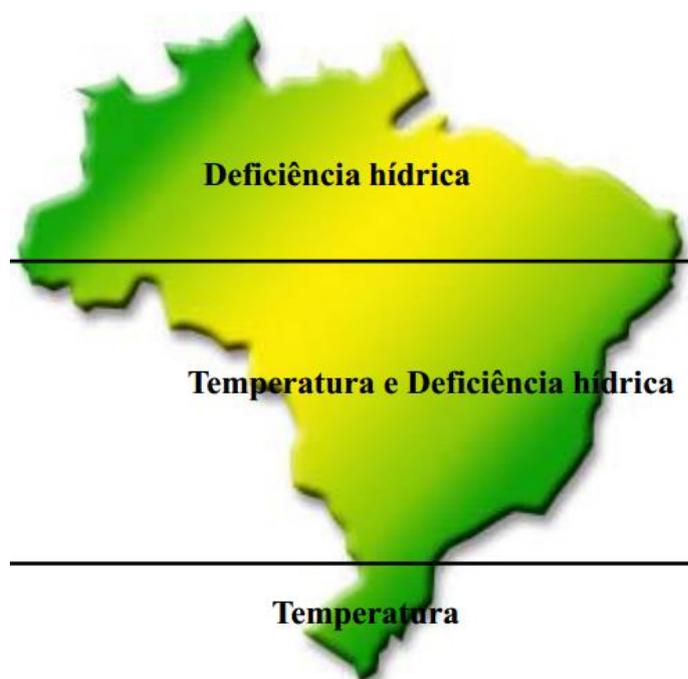


Assim, no período das “águas”, as temperaturas estão elevadas, ocorre precipitação regular, há alta luminosidade, crescimento vigoroso da planta, altas taxas de acúmulo de forragem, alta velocidade de desenvolvimento vegetativo e no final da estação, normalmente ocorre a floração. Nessa época, a planta produz de 70 a 80% de sua produção anual total de matéria seca.

No período da “seca” as temperaturas são mais baixas, a precipitação é reduzida, há baixa luminosidade, ocorre drástica redução no ritmo de crescimento, e por consequência, as taxas de lotação da fazenda são menores. A produção de matéria seca corresponde a cerca de 20 a 30% da produção anual de forragem das plantas.

A análise de série histórica e o acompanhamento das variáveis agroclimáticas são, portanto, uma ferramenta preciosa para orientar técnicos e produtores no planejamento das fazendas, já que a duração do período de déficit no crescimento varia com a espécie forrageira, local em que se encontra e os entre anos.

A Figura 64 ao lado representa os fatores climáticos determinantes da estacionalidade nas diversas regiões no país. Como se percebe, na Região Sudeste, tanto a temperatura quanto a deficiência hídrica são fatores determinantes do baixo crescimento das plantas no período das secas.



Na Região Sudeste, a estacionalidade de produção não pode ser completamente “anulada”. No estado de São Paulo, por exemplo, os fatores climáticos limitantes ao crescimento das plantas são temperatura e precipitação. Dessa forma, estratégias como adubação ou irrigação não são capazes de suprimir os efeitos das baixas temperaturas. O planejamento das estratégias que serão utilizadas consiste no principal meio de minimizar os efeitos negativos da redução na produção no período seco sobre as taxas de lotação e desempenho animal.

Para o Estado de São Paulo, o período em que as pastagens crescem abundantemente inicia-se aproximadamente em novembro e termina em março/abril. Esse período é denominado de "verão" ou período das "águas" e, na verdade, inclui o final da primavera e o verão (Figura 65). Para regiões mais próximas da linha do equador, os fatores temperatura e fotoperíodo não são tão restritivos, porém ainda há falta de água em parte do ano, sendo então viável economicamente a adoção de estratégias que envolvam a irrigação.

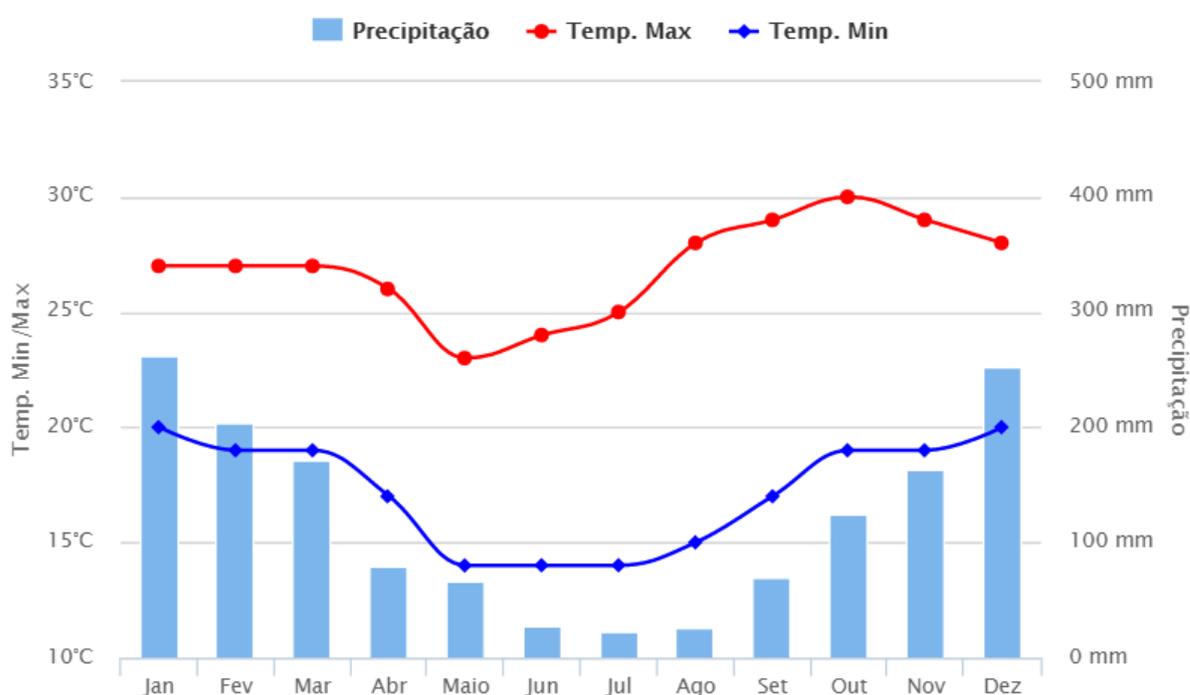


Figura 65: Variação mensal em precipitação, temperaturas máximas e mínimas ao longo do ano para a cidade de Pirassununga, média de 30 anos.

Fonte: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/517/pirassununga-sp>

Para um dado local, as espécies forrageiras variam quanto ao período de baixa produção de forragem. Isso ocorre, pois a temperatura mínima abaixo da qual a planta paralisa seu crescimento, definida como **temperatura base inferior**, varia com a espécie (Tabela x). Com base nesses valores, Mendonça & Rassini (2006) estimaram a duração dos períodos de baixa produção forrageira, tomando-se por base as temperaturas mínimas da região de São Carlos e a temperatura base inferior (Figura 66), demonstrando as variações entre espécies estudadas.

Tabela X: Temperatura base inferior para algumas gramíneas tropicais.

Fonte: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37266/1/Circular45.pdf>

Nome	Tb (°C)
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier	13,9
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	15,0
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	15,0
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	16,7
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	15,6

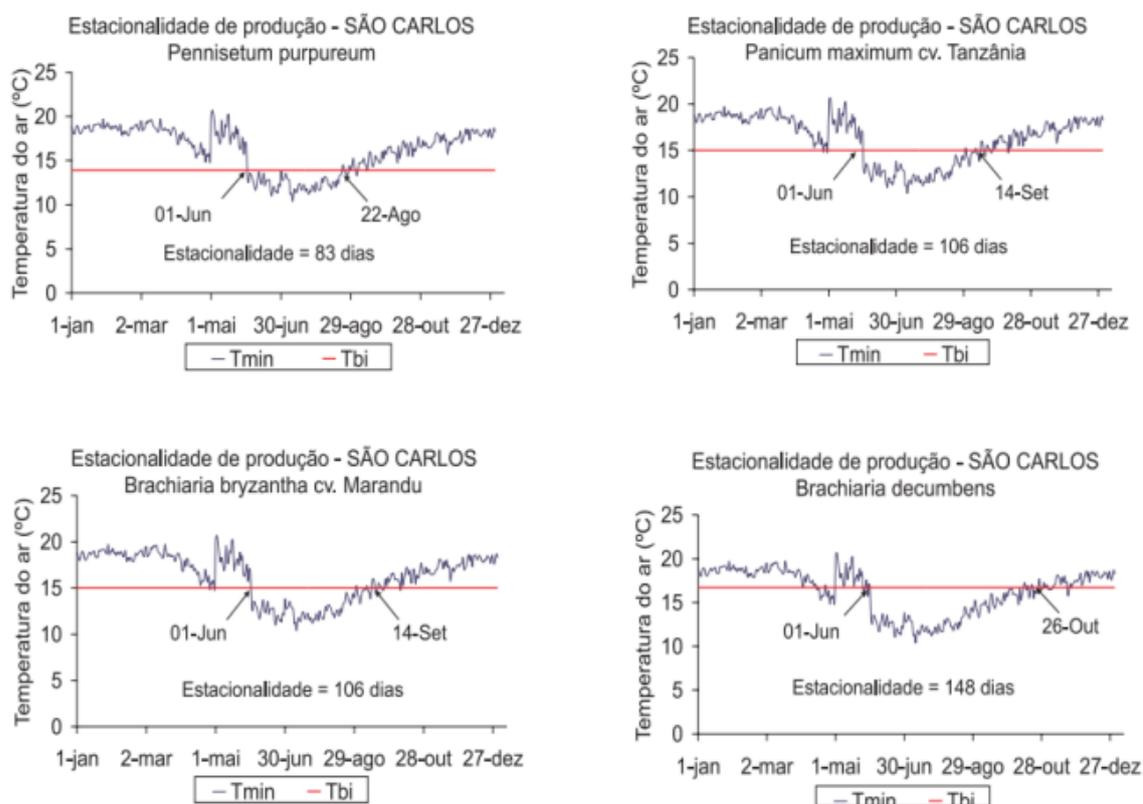


Figura 66: Estimativa de estacionalidade de produção das forrageiras estudadas por meio de gráficos de temperaturas mínimas diárias (Tmin) e temperatura-base inferior (Tbi).

Fonte: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37266/1/Circular45.pdf>

Para minimizar o déficit de forragem durante a estacionalidade, estratégias como a adubação nitrogenada estratégica, uso da irrigação, diferimento do pasto e o uso de suplementação podem ser adotadas, como ferramentas adicionais para aumentar o suprimento de forragem aos animais.

## 8.2 Estratégias para minimizar os efeitos da estacionalidade

### a) Adubação nitrogenada estratégica

A adubação nitrogenada reconhecidamente aumenta a produção de forragem. Contudo, a utilização de altas doses de adubação na época das águas não resulta em maior produção na época seca e possui um efeito de aumentar a diferença entre a quantidade total produzida entre esses períodos. Por sua vez, a adubação na época seca não possui efeito sobre a produção, pois como não há água no solo a planta não consegue utilizar o N do fertilizante.

Dessa forma, a adubação em períodos estratégicos, como no final da época das águas, quando ainda há chuvas que possam auxiliar a absorção de N e no início das chuvas (outubro/novembro) pode diminuir o período de baixa produção (Figura 67).

#### Épocas estratégicas:

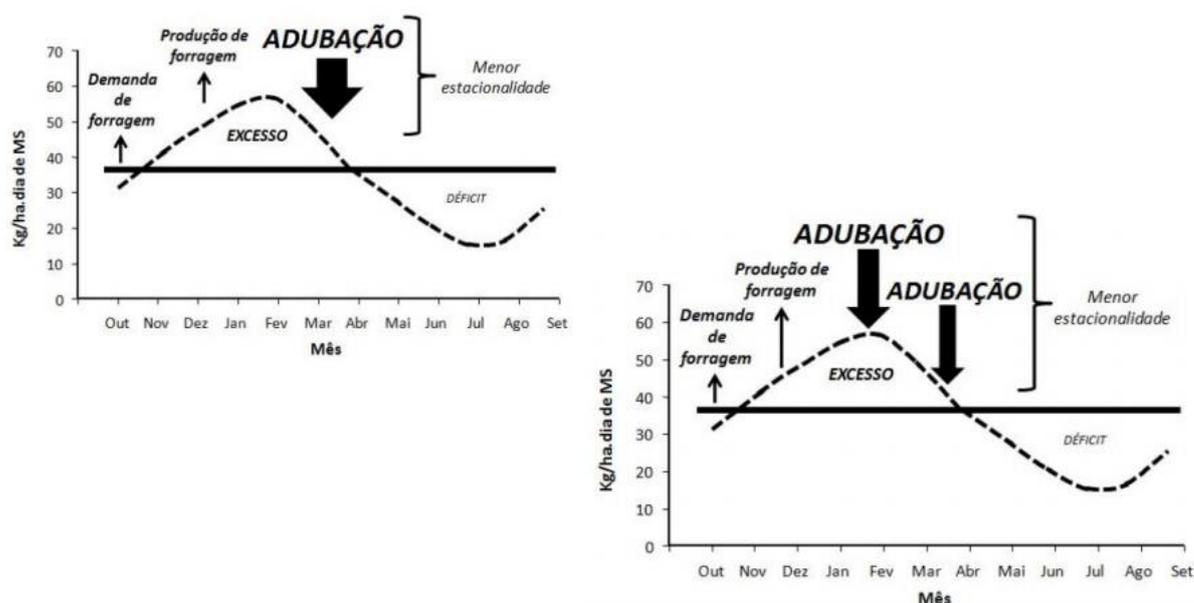


Figura 67: Adubação nitrogenada estratégica em pastagens.

Fonte: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/adubacao%20de%20pastagens.pdf>

A aplicação de adubos nitrogenados nas pastagens deve ser realizada preferencialmente em cobertura, após o rebaixamento da forragem, através do pastejo. Diante disso duas indicações podem ser feitas: aplicar somente uma dose média ou a leve do adubo nitrogenado no final do período das águas proporcionando um acentuado aumento de produção de forragem para o período das secas e uma rebrota mais precoce no início do período chuvoso (primavera) ou, quando se trabalha com doses de nitrogênio mais pesadas recomenda-se parcelar, aplicando-se 1/3 no início do período das águas e 2/3 no final do período das águas

## b) Irrigação

A aplicação de água minimiza os efeitos do estresse hídrico sobre a planta, aumentando a produtividade do pasto, principalmente em situações em que a produção seja limitada pela deficiência hídrica. Em diversas regiões do Brasil, no entanto, o desenvolvimento das plantas forrageiras no período de entressafra é limitado também (ou principalmente) pela temperatura e por outros fatores como luminosidade e fotoperíodo.

Época das águas				Época seca			
	Irrigação		Média		Irrigação		Média
	Presença	Ausência			Presença	Ausência	
	Massa de forragem (t MS/ha)				Massa de forragem (t MS/ha)		
Cultivar							
Guiné	28,4Ba	24,0Ab	26,2	9,9	5,8	7,8AB	
Colonião	27,2 Ba	24,8 Ab	26,0	9,5	5,9	7,7AB	
Mombaça	32,1 Aa	22,2 Ab	27,2	9,3	5,1	7,2B	
Tanzânia	27,8 Ba	24,4 Ab	26,1	9,8	6,4	8,1A	
Centauro	28,4 Ba	24,2 Ab	26,3	9,3	6,1	7,7AB	
Média	28,8	23,9		9,5a	5,9b		

### Irrigação não elimina estacionalidade!!!!

- A irrigação de pastagens em regiões que apresentam médias de temperatura mínima abaixo da temperatura ideal da espécie forrageira, na época seca do ano, embora possa promover incrementos na produção, não elimina totalmente a estacionalidade de produção.
- Nessa situação, se espera efeito da irrigação nos períodos de veranicos ou a partir da primavera, quando a precipitação ainda não é adequada, mas as condições de luminosidade e de temperatura já são mais favoráveis para o crescimento das forrageiras tropicais.
- Na época seca, em regiões de menor latitude, com temperaturas mínimas acima da temperatura ideal no inverno e com restrição hídrica, o efeito da irrigação na redução da estacionalidade de produção poderá ser mais acentuado.

## c) Diferimento

O diferimento da pastagem, também denominado de pastejo protelado, pastejo diferido, “vedação” da pastagem e “produção de feno em pé”, pode ser entendido como o adiamento do uso do pasto pelo animal, ou seja, é uma estratégia de manejo que consiste em selecionar determinadas áreas da propriedade e excluí-las do pastejo, garantindo acúmulo de forragem para ser pastejada durante o período de escassez. Geralmente, os piquetes para diferimento são vedados no fim do “período das águas”, como forma de garantir produção de forragem para ser pastejada durante o “período de seca”.

Normalmente, pastos diferidos possuem grande quantidade de forragem, porém de baixa qualidade, que é denominada popularmente como “macega”. Durante o período de diferimento, grande parte dos perfilhos vegetativos (sem inflorescência) desenvolve-se em perfilhos reprodutivos (com inflorescência) e estes, passam à categoria de perfilhos mortos. Neste período, também há redução da quantidade de folha verde, bem como aumento das massas de folhas e colmos secos no pasto. O tombamento das plantas é outra característica comum em pastos diferidos, comumente chamados de “acamados”. Esta condição está associada a pastagens que tiveram **longo período de diferimento** e, conseqüentemente, possuem grande quantidade de forragem de baixa qualidade. Contudo, a produtividade de forragem e a qualidade das pastagens diferidas varia em função das ações de manejo empregadas antes do diferimento.

**A primeira característica a ser levada em consideração quando se utilizam pastos diferidos é a escolha da espécie ou cultivar de planta forrageira.** Nem todas as plantas são recomendadas para esse tipo de manejo.

Recomenda-se usar gramíneas de porte baixo, pois estas possuem, em geral, colmos mais finos, o que favorece o aumento da relação folha/colmo no pasto diferido. Maior relação folha/colmo é desejável pelo fato da folha ser o órgão do pasto de melhor valor nutritivo e preferencialmente consumido pelo animal. As plantas forrageiras indicadas para o diferimento também devem possuir bom potencial de produção de forragem durante o outono, época em que normalmente os pastos permanecem diferidos. As gramíneas do gênero *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu), *Cynodon* (capins-estrela, coastcross e tifton) e *Digitaria* (capim-pangola) são boas opções para o diferimento. Euclides (2001) fez outras considerações:

- *Brachiaria humidicola* tem grande capacidade de acúmulo de forragem, porém, seu valor nutritivo é baixo em comparação ao das outras espécies de *Brachiaria*;
- As gramíneas de crescimento cespitoso, como as do gênero *Panicum*, *Pennisetum* e *Andropogon*, quando diferidas por períodos longos (acima de 90 dias), apresentam acúmulo de colmos grossos e baixa relação folha/colmo, portanto, não são indicadas para o diferimento.
- Também não se recomenda diferir áreas de *B. decumbens* com histórico de infestação de cigarrinhas-das-pastagens, pois no pasto diferido há formação de microclima mais favorável ao desenvolvimento desses insetos.

Existem inúmeras possibilidades de interferência, via manejo, para melhorar a produção animal em pastagens diferidas, dentre as quais destacam-se:

- Duração do período de diferimento;
- Altura do pasto no início do período de diferimento;
- Adubação nitrogenada estratégica;

A duração do período de diferimento é um dos aspectos de manejo de maior efeito sobre as características do pasto diferido e, conseqüentemente, sobre a produção do animal. As principais desvantagens da utilização de períodos de diferimento longos são o baixo valor nutritivo da forragem, comprometendo o desempenho animal. Por outro lado, períodos de diferimentos curtos resultam em baixa produção de forragem, que pode ser insuficiente para alimentação dos animais, mas com melhores características qualitativas (Tabela x e Figura 68).

**Tabela X:** Efeito da adução de períodos curtos ou longos de diferimento sobre os atributos da pastagem.

Fonte: [http://www.premix.com.br/site/conteudo/artigos/download/newsletter\\_formula\\_Jul2011.pdf](http://www.premix.com.br/site/conteudo/artigos/download/newsletter_formula_Jul2011.pdf)

Curto	Longo
Maior número de perfilhos vegetativos	Maior número de perfilhos reprodutivos e mortos
Massa forrageira em menor quantidade (kgMS/há)	Massa forrageira em maior quantidade (kgMS/há)
Maior % de folha verde	Maior % de colmo e material morto
Índice menor de tombamento	Maior índice de tombamento
Melhor valor nutritivo da forragem	Pior valor nutritivo da forragem
Menor perda de forragem durante o pastejo	Maior perda de forragem durante o pastejo
Utilização do pasto de forma mais eficiente e por mais tempo	Eficiência de uso pior e possível subutilização de uso do pasto
Melhor desempenho animal	Pior desempenho a animal
Melhor rebrota na primavera	Pior rebrota na primavera

\*Para utilização em Junho

Início do Diferimento	Mês de diferimento			
	Abril	Março	Fevereiro	Janeiro
Produção de Forragem kg/ha	6.345	7.058	8.307	11.811
Folha Verde (%)	33	32	16	15
Colmo Seco (%)	5	6	13	23
Proteína (%)	8,74	5,63	5,34	4,72



Figura 68 – Aspectos visuais de pastagens diferidas por distintos períodos.

Fonte:

A realização de pastejo intenso, com animais menos produtivos, imediatamente antes do início do diferimento da pastagem, também é uma estratégia de manejo recomendada para a melhoria do valor nutritivo das pastagens diferidas. O rebaixamento da pastagem no início do diferimento reduz a altura do pasto, remove as partes velhas e de baixa qualidade da planta, e melhora a rebrotação subsequente. Com o pasto mais baixo, há penetração de luz na superfície do solo e estímulo ao aparecimento de novos perfilhos vegetativos (brotos) com melhor qualidade.

A adubação nitrogenada no início do diferimento permite maior flexibilização quanto ao tempo em que a pastagem permanece vedada, porque altera a taxa de crescimento da gramínea

e, conseqüentemente, a quantidade da forragem produzida. Com a utilização de N é possível aumentar a produção de forragem e utilizar períodos de diferimento mais curtos, o que favorece a manutenção do valor nutritivo da forragem.

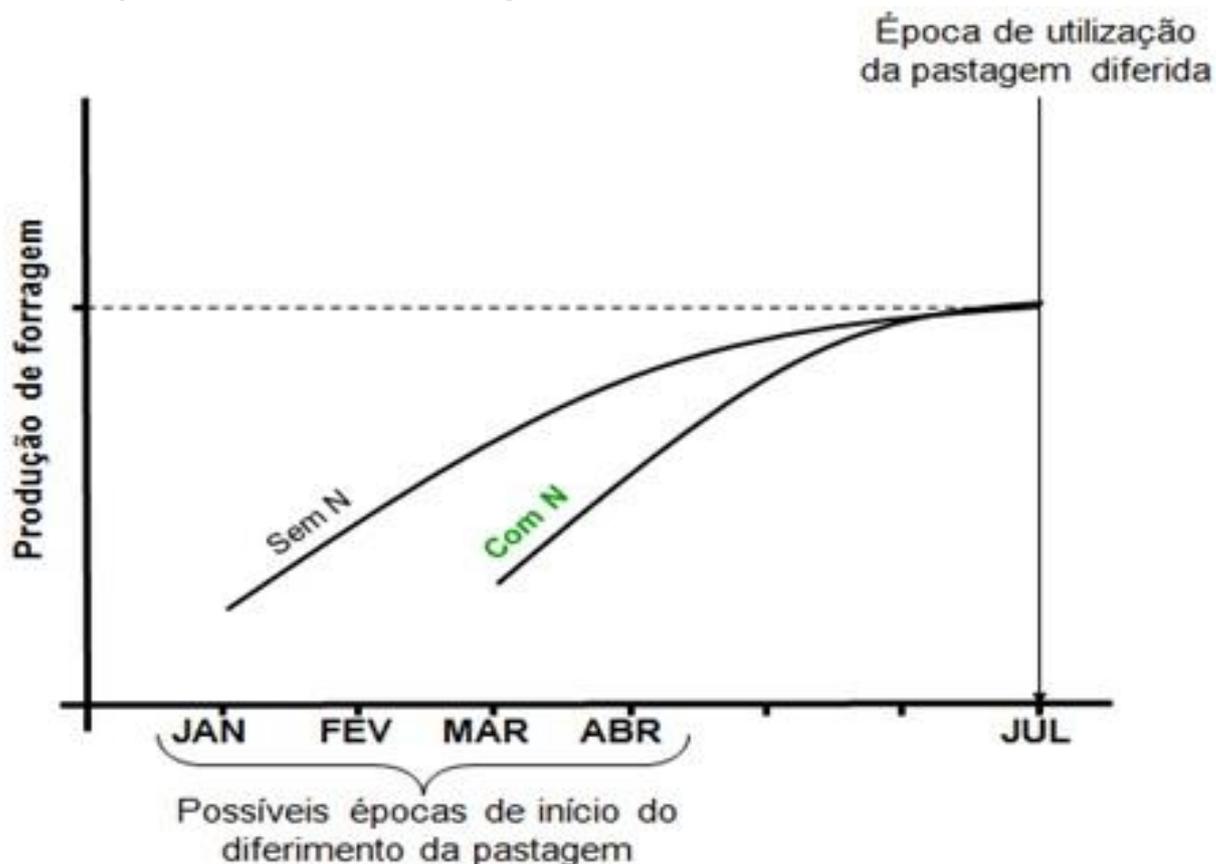


Figura 69 – Representação do efeito da adubação nitrogenada sobre o período de vedação da pastagem diferida

Fonte:

Ressalta-se que as recomendações de épocas de diferimento e de utilização da pastagem diferida não devem ser generalizadas, uma vez que cada região e propriedade possuem clima, solo e planta forrageira específicos.

#### d) Suplementação

Estudos avaliando o desempenho de bovinos nelore confinados demonstram ganhos médios diários que variam de 1,2 a 1,6 kg por animal. Por outro lado, bovinos mantidos exclusivamente em pastagens durante a época das águas sem utilização de suplementação apresentam ganhos médios diários de 0,6 a 0,8 kg por animal. Isso demonstra uma limitação ao máximo desempenho animal em função do baixo valor nutritivo do recurso forrageiro basal. Essas limitações qualitativas das gramíneas forrageiras tropicais são normalmente devido às características fisiológicas, morfológicas e anatômicas da planta em si e pelos fatores ambientais. Adicionalmente, desempenhos aquém daqueles passíveis de serem obtidos em pastagens tropicais são, não raro, devido ao mal manejo da pastagem.

Estudos avaliando o controle da estrutura da pastagem demonstram ganhos médios diários de até 1 kg por animal na época das águas e entre 0,2 e 0,4 kg por animal no período seco. Nesse sentido, salienta-se que **a suplementação não deve ser utilizada como meio de corrigir o mal manejo**, o que resultaria em baixa eficiência econômica do sistema de exploração. Entretanto, sistemas de manejo baseados em espécies tropicais normalmente não permitem a expressão do máximo potencial genético dos animais.

Para eliminar as fases negativas do sistema durante o ano uma das estratégias utilizadas é a complementação dos nutrientes requeridos pelos animais, por meio da utilização de alimentação suplementar.

Suplementação é o ato de se adicionar à dieta total os nutrientes deficientes na forragem disponível na pastagem, relacionando-os com a exigência dos animais em pastejo. Assim, suplemento será considerado como um complemento da dieta, o qual supre os nutrientes deficientes da forragem disponível na pastagem, de forma a suprir os requerimentos dos microorganismos do rúmen.

Uma estratégia de suplementação adequada seria aquela destinada a maximizar o consumo e digestibilidade da forragem disponível. Contudo, é importante ter em mente que o suplemento não deve fornecer nutrientes além das exigências dos animais. Este objetivo pode ser atingido através do fornecimento de todos, ou de alguns nutrientes específicos, os quais permitirão ao animal consumir maior quantidade de matéria seca disponível e digerir ou metabolizar a forragem ingerida de maneira mais eficiente

De maneira geral, a suplementação de bovinos em pastagem de acordo com Reis et al. (1997), é realizada com os seguintes objetivos: corrigir a deficiência de nutrientes da forragem, aumentar a capacidade de suporte das pastagens, potencializar o ganho de peso, diminuir a idade ao abate, fornece aditivos, promotores de crescimento ou medicamentos e, estrategicamente pode ser utilizada para auxiliar no manejo das pastagens.

Durante a época seca, as pastagens diferidas normalmente possuem elevado teor de fibra indigestível e teores de proteína bruta inferiores ao nível crítico (6 a 7% MS), limitando o consumo do animal.

O tipo de suplemento a ser utilizado depende dos objetivos do sistema de produção.

### **Suplementação: qual o objetivo do sistema de produção?**

O aporte de nutrientes via suplementação durante a recria ou recuperação de escore corporal de matrizes e touros, pode visar níveis diferenciados de desempenho dos animais, desde a simples manutenção de peso (com o fornecimento de suplemento mineral com uréia), passando por ganhos moderados de cerca de 200-300 g/dia por animal (através da suplementação com proteínado de baixo consumo), até ganhos de 500-600g/dia (com suplemento proteico energético de alto consumo)...

- Interações pastagem x suplemento

A suplementação da dieta dos animais, de maneira indireta, pode afetar a estrutura do dossel e a disponibilidade de forragem. Isso ocorre porque efeitos associativos entre o consumo do pasto e do suplemento podem determinar diminuição do consumo de pasto, o que sem ajustes em taxas de lotação poderiam determinar sobras de forragem e perda de valor nutritivo.

A principal alteração que ocorre quando do fornecimento de suplementos para animais mantidos em pastagens é a ocorrência de efeito associativo, que conceitualmente é definido como a mudança que ocorre na digestibilidade e/ou consumo da dieta basal (forragem), quando do fornecimento do suplemento. O efeito associativo pode ser de três tipos: substitutivo, aditivo ou suplementar e combinado.

O efeito **substitutivo** é caracterizado pela diminuição do consumo de energia digestível oriunda da forragem, enquanto observa-se aumento no consumo de concentrado, mantendo assim constante o consumo total de energia digestível (CTED), indicando que a ingestão do suplemento substituiu a do pasto.

O efeito **aditivo ou suplementar** refere-se ao aumento do consumo total de energia digestível (CTED) devido ao incremento no consumo do concentrado, sem decréscimos no consumo de forragem proveniente do pasto.

No efeito **combinado**, observa-se ambos os efeitos substitutivo e aditivo, ou seja, há decréscimo no consumo de forragem e ao mesmo tempo elevação no de concentrado, o que resulta em maior CTED.

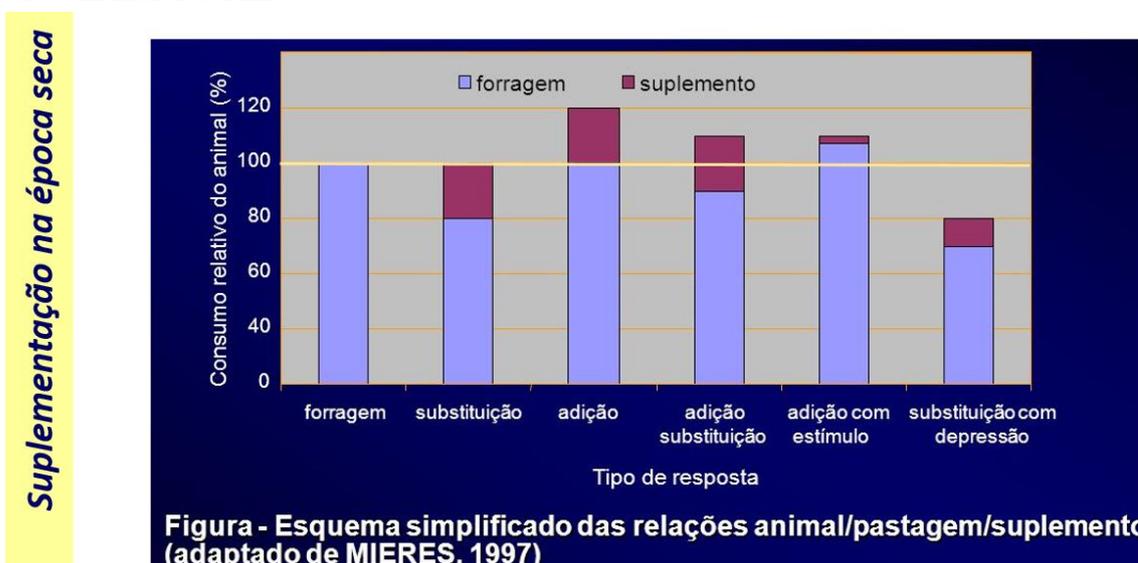


Figura 70 – Efeito associativos entre pastagem e suplemento.

Fonte:

Quando um suplemento é fornecido, portanto, o consumo de forragem dos animais mantidos em pastagem pode permanecer inalterado, aumentar ou diminuir, sendo que as respostas dependem da quantidade e qualidade da forragem disponível, bem como da característica química do suplemento utilizado e do potencial genético do animal. Quando são fornecidas pequenas quantidades de energia e de nitrogênio prontamente solúveis, pode-se aumentar a digestão da forragem de baixa qualidade e, em alguns casos, o seu consumo. Da mesma forma, alimentos contendo proteína de baixa degradação ruminal podem estimular o metabolismo nos tecidos e o consumo de forragem. Em ambos os casos, os alimentos agem como verdadeiros suplementos.

Quando a massa de forragem e o conteúdo de fibra são altos e o teor de proteína bruta é baixo, a maior resposta ocorre aos suplementos protéicos, sendo seguidos por suplementos energéticos e com NNP + S em menor intensidade.

Resposta de bovinos a diferentes tipos de suplementos em função da característica dos pastos.

Disponibilidade Cont. fibra	Nível (Baixo (B) ou Alto (A))			
	B		A	
Cont. proteína	B	A	B	A
Energia	+	+	++	++
Proteína	+	0	+	+
NNP	+	0	0	0

Suplementação: Resposta (Nula (0), Pequena (+), Média (++) , Alta (+++). Adaptado de Siebert & Hunter, (1982).

Por outro lado, com baixa quantidade de forragem, que apresenta alto nível de fibra e baixo de proteína, tem-se resposta eficiente a suplementação energética. Níveis de suplementação acima de 0,7% do PV/dia, geralmente, proporcionam redução no consumo de forragem (efeito substitutivo). Quando ocorre o efeito substitutivo, a redução do consumo de forragem é expressa como uma proporção da quantidade do suplemento consumido. Há que se considerar que, quanto melhor for a qualidade da forragem, maior será o coeficiente de substituição pelo suplemento. Nesta situação, o coeficiente de substituição pode refletir a manutenção de um consumo de energia constante ou a diminuição da digestão da fibra, o que pode acarretar decréscimo no consumo de forragem em decorrência da diminuição da taxa de passagem.

Suplementação na época seca

**Suplementos energéticos:** quantidades elevadas de suplemento interferem sobre o ambiente ruminal

**PH baixo:**

- afeta o crescimento de bactérias celulolíticas
- Interfere sobre a aderência dos microorganismos à fração fibrosa do alimento
- Reduz digestão de proteínas, celulose e hemicelulose
- Decréscimos no consumo de forragem

- Sincronismo proteína x energia

As exigências de proteína dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, denominadas de exigências de proteína metabolizável, os quais correspondem à proteína microbiana, à proteína dietética que escapa à degradação ruminal e proteína endógena reciclada. Nas forragens com menos de 100 g de PB/kg de MS ocorre limitação da síntese de PM devido a deficiência de aminoácidos, de amônia e de energia para os microorganismos do rúmen.

As gramíneas em estágio vegetativo e quando adequadamente manejadas são capazes de manter níveis de PB acima do crítico (6 a 7%) e, inclusive atender requerimentos para ganho de peso da maioria de bovinos de rebanhos de corte.

Contudo, durante a época seca algumas espécies de gramíneas forrageiras podem apresentar valores abaixo deste nível crítico. A proteína proveniente da pastagem é composta por nitrogênio não proteico (NNP), nitrogênio proteico ou proteína verdadeira (NP) e nitrogênio ligado à fração fibrosa, o qual é insolúvel em detergente ácido, que é considerada indisponível

ao animal. Cerca de 75% do N das folhas são considerados NP, compostos pelas enzimas que atuam nos processos de fotossíntese, respiração e crescimento. A proporção da fração NNP varia de 15 a 50% do conteúdo de N da planta inteira e compreende DNA, RNA e nitrato e sua função é servir de intermediário para a síntese de proteína, agentes de translocação e como produtos da assimilação inorgânica de N.

O NNP é completamente degradado no rúmen e parte do NP também é degradado, sendo essas frações, portanto, denominadas proteína degradável no rúmen (PDR). A porção do NP que não é metabolizada pelos microrganismos ruminais é denominada proteína não degradável no rúmen (PNDR). A PDR é a fonte de amônia, aminoácidos, peptídeos e esqueletos carbônicos para síntese de PM. As exigências de PDR estão relacionadas aos microrganismos do rúmen e não ao animal. Quanto maior a disponibilidade de energia em nível de rúmen, maior a exigência de PDR. A deficiência de PDR diminui a taxa de degradação e a extensão de degradação ruminal de MS, causando um decréscimo na ingestão voluntária de MS, a ingestão de nutrientes diminui e o potencial de valor alimentar da forragem não é explorado adequadamente. A uréia fornece somente amônia, enquanto algumas formas orgânicas de NNP podem fornecer um ou mais dos seguintes compostos: esqueletos carbônicos, amônia, aminoácidos e peptídeos. A PDR originária da proteína verdadeira degradada no rúmen fornece todos os compostos citados (Figura abaixo).

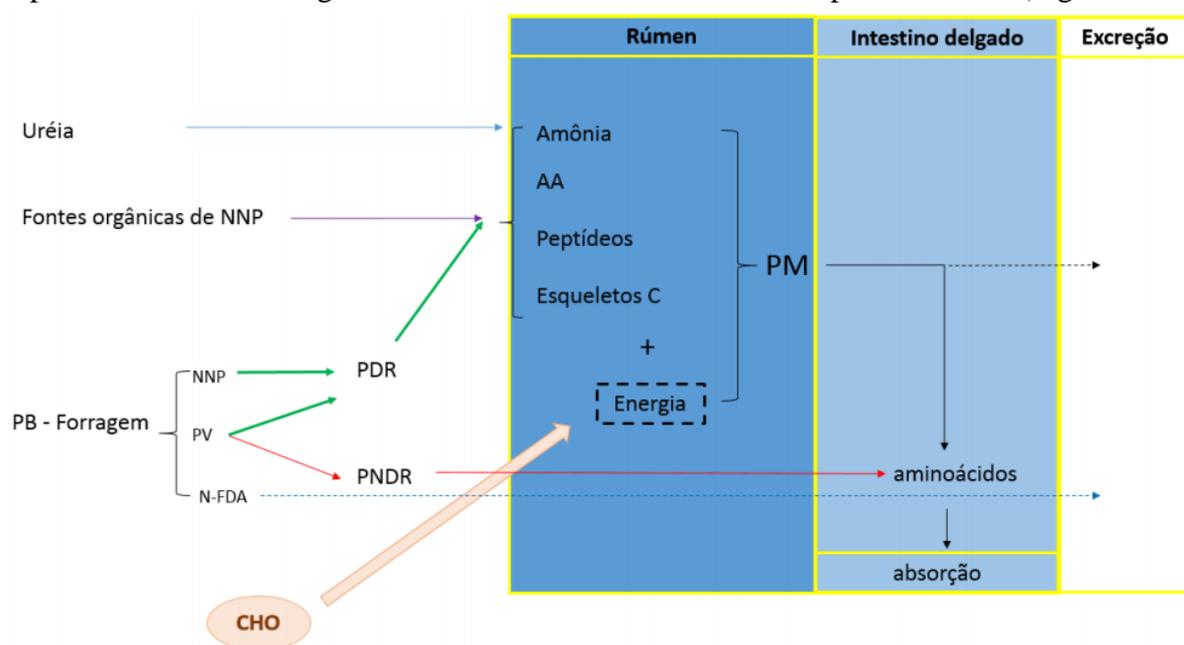


Figura 71 – Esquema de degradação das frações proteicas da forragem e nitrogênio não proteico  
Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

A proteína microbiana é, portanto, a principal fonte de proteína para atender os requerimentos dos animais. A produção de PM depende da concentração de carboidratos não estruturais (CNE) ou solúveis em água. Plantas C4 tem baixo conteúdo de CNE e longo tempo de retenção no rúmen, o que limita a síntese de PM. Para que ocorra a polimerização do aminoácido, as bactérias utilizam energia. Quando existe energia disponível, o aminoácido é incorporado ao microrganismo, produzindo PM e, portanto, a disponibilidade de energia no rúmen é um dos fatores que altera a produção e o crescimento microbiano.

Quando não há energia suficiente, os aminoácidos são fermentados e utilizados como fonte de energia, sendo que a amônia resultante desse processo será acumulada junto ao NNP da dieta. Quando os níveis de amônia no rúmen são elevados, ocorre aumento da absorção via parede ruminal, a atividade do ciclo da uréia no fígado é aumentada com a finalidade de excretar o excesso de amônia da corrente sanguínea. Além da perda de N, há gasto de energia para excreção. Nesse sentido, a disponibilidade de energia e proteína deve ser adequada de forma a otimizar a fermentação ruminal e a produção de PM (Figura 72).

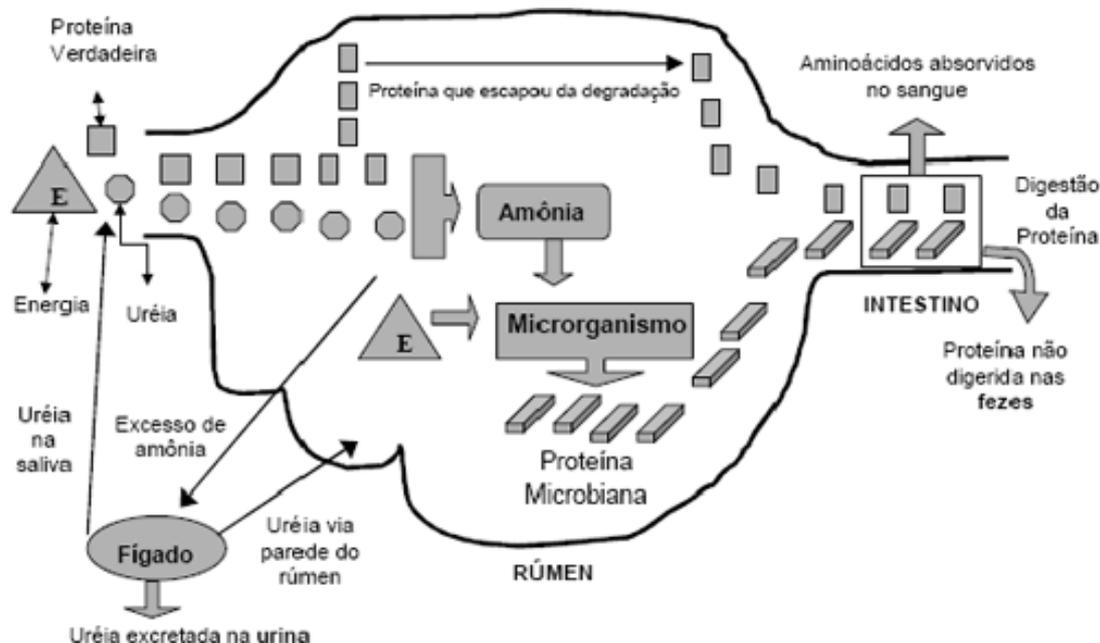


Figura 72 – Esquema representando a relação entre energia e demanda de nitrogênio pelos microorganismos ruminais.

Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Nas condições brasileiras, o período das secas é a fase mais crítica do sistema de produção de bovinos em pastejo. Nesta época o rebanho bovino alimenta-se de forragem de baixo valor nutritivo, oriunda do crescimento do período de primavera/verão, caracterizadas por apresentar um elevado teor de fibra indigestível e teores de proteína bruta inferiores ao nível crítico, 6 a 7% MS, limitando desta forma o seu consumo. Animais mantidos em pastagens tropicais recebendo apenas suplementação mineral normalmente apresentam perda de peso na época seca, em função dos baixos teores de energia e proteína das forragens. O baixo valor nutritivo da forragem resulta em ingestão insuficiente de energia e proteína, limita a fermentação ruminal, a degradação da fração fibrosa do alimento e a ingestão de forragem. Assim, nesta fase se não houver a suplementação da dieta dos animais, a fim de suprir os nutrientes deficientes na forragem, haverá redução do ganho de peso ou até mesmo desempenho negativo, pois nutrientes corporais são mobilizados para manutenção, resultando em aumento da idade de abate e do custo fixo da atividade, além de redução da taxa de desfrute do sistema de produção pecuário. As vacas de cria não recuperam a condição corporal necessária para manter o ciclo reprodutivo e as demais categorias animais apresentam baixas taxas de ganho de peso. As bactérias celulolíticas, responsáveis pela digestão da fibra, necessitam para o seu crescimento, de amônia (que pode ser fornecida pela uréia), mas também de esqueletos carbônicos (fornecido pelo carboidratos e

proteína verdadeira). A fração protéica utilizada no rúmen é denominada de Proteína Degradada no Rúmen (PDR) e sua exigência está relacionada diretamente com os microorganismos do rúmen e não com o animal. A suplementação protéica no período da seca, aumenta a ingestão de forragem pelos animais em pastejo, levando o animal manter seu peso vivo ou até obter ganhos moderados no peso (200g a 400g/dia), desde que a oferta de massa seca não seja limitante, permite eliminar as fases negativas do crescimento, através do ajuste metabólico ruminal, melhorando a digestibilidade da forragem de baixa qualidade desse período, minimizando os efeitos de enchimento que diminuem a ingestão total de matéria seca. A adoção de fontes de nitrogênio não protéico, como a uréia, associadas às misturas minerais, é a forma mais freqüentemente utilizada para eliminar a deficiência protéica durante o período seco.



De maneira geral, observa-se que quando a disponibilidade de forragem e o conteúdo de fibra são altos e o teor de proteína bruta é baixo, a maior resposta ocorre aos suplementos proteicos, sendo seguidos por suplementos energéticos e com NNP + S, em menor intensidade. Por outro lado, com baixa oferta de forragem, que apresenta alto nível de fibra e baixo de proteína, tem-se resposta mais eficiente quando da suplementação energética.

Figura 73 – Esquema representando o efeito positivo da suplementação com proteína sobre o consumo de forragem.

Fonte:

Outro aspecto de relevância refere-se à definição dos reais objetivos da suplementação dentro do sistema de produção. O objetivo da suplementação de vacas de cria na estação seca é melhorar o desempenho animal, melhorando a utilização da pastagem disponível, aumentando a taxa de natalidade de vacas de cria e a taxa de concepção das primíparas. Para animais de recria é melhorar o desempenho, a fim de reduzir a idade de abate, e/ou a idade de primeira cria, e/ou reduzir taxas de perda de peso vivo, e para animais de engorda, garantir o peso ao abate e o acabamento até o final da seca. Assim, o aporte de nutrientes via suplementação durante a recria ou recuperação de escore corporal de matrizes e touros, pode visar níveis diferenciados de desempenho dos animais, desde a simples manutenção de peso (com o fornecimento de suplemento mineral com uréia), passando por ganhos moderados de cerca de 200-300 g/dia por animal (através da suplementação com proteinado de baixo consumo), até ganhos de 500- 600g/dia (com suplemento proteico energético de alto consumo), quando se objetiva cobrir fêmeas com cerca de 14 meses e/ou abater machos aos 20 meses de idade. Por outro lado, na fase de terminação os suplementos devem proporcionar ganhos de cerca de 700 g/dia para novilhas e acima de 800 g/dia para machos em engorda.