

BOLETIM TÉCNICO Nº 3

OS ADUBOS E A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES

**ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
PARA DIFUSÃO DE ADUBOS**

**OS ADUBOS
E
A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES
(3ª edição)**

***OS ADUBOS
E
A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES
(3ª edição)***

*J. C. Alcarde
J. A. Guidolin
A. S. Lopes*

**Dezembro de 1998
ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos
São Paulo – SP**

Alcarde, J. C. et al.

A271a

3.ed. Os adubos e a eficiência das adubações / J. C.
Alcarde,
J. A. Guidolin e A. S. Lopes – 3. ed. – São
Paulo, ANDA,
1998.

35p. (Boletim Técnico, 3).

1. Adubos 2. Adubação – Eficiência I. Título II.
Alcarde, J. C. III. Guidolin, J. A. IV. Lopes A. S.

CDU-631.8

APRESENTAÇÃO DA 2ª EDIÇÃO

Dentre os vários fatores da produção, a adubação racional e eficiente ocupa lugar de destaque, tanto em termos quantitativos como da qualidade dos produtos agrícolas. Por outro lado, os adubos representam também uma razoável parcela nos custos de produção, justificando um esforço considerável do agricultor para, fazendo o uso mais eficiente possível da adubação, obter a Produtividade Máxima Econômica (PME).

Um ponto relevante nesse aspecto é que a eficiência da adubação não depende apenas das doses ou quantidades a serem aplicadas. Existe uma série de outros fatores circunstanciais que devem ser do conhecimento do técnico e/ou agricultor, para que, cuidadosamente analisados, conduzam a um melhor uso dos adubos.

Nesta Segunda edição do boletim – “Os Adubos e a Eficiência das Adubações” – procura-se abordar de maneira simples as várias características e fatores responsáveis pelo desempenho dos adubos, com o objetivo de difundir o seu emprego mais racional, com todos os benefícios possíveis para o aumento da produção e da produtividade da agropecuária brasileira.

Além dessas informações são apresentadas definições claras dos adubos ou fertilizantes, sob os aspectos químico e físico, e listados os vários fertilizantes comercializados no Brasil.

Esperamos que as informações contidas nesse boletim contribuam para os objetivos propostos.

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas

São Paulo, novembro de 1991

OS ADUBOS E A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES

I – AS NECESSIDADES VITAIS DAS PLANTAS	7
II – FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	7
III – OS ADUBOS OU FERTILIZANTES.....	8
1. Classificação sob o ponto de vista químico	8
2. Classificação sob o ponto de vista físico	10
IV – CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DOS FERTILIZANTES.....	11
1. Características de natureza física	11
2. Características de natureza química	13
3. Características de natureza físico-química	15
V – A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES	17
1. Fatores diretos	17
2. Fatores indiretos	21
VI – PERDAS DE NUTRIENTES	22
1. Erosão	22
2. Lixiviação ou percolação	22
3. Volatilização de nitrogênio	22
4. Fixação	23
VII – PRODUTIVIDADE MÁXIMA E PRODUTIVIDADE MÁXIMA ECONÔMICA	23
VIII – CONCLUSÃO	24
IX – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	25
ANEXO 1 – FERTILIZANTES MINERAIS SIMPLES	27
ANEXO 2 – FERTILIZANTES ORGÂNICOS E ORGANO-MINERAIS	41

OS ADUBOS E A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES

José Carlos Alcarde ⁽¹⁾
José Adroaldo Guidolin ⁽²⁾
Alfredo Scheid Lopes ⁽³⁾

I - AS NECESSIDADES VITAIS DAS PLANTAS

Embora bastante conhecido, é interessante recordar que as plantas, para viver, necessitam de luz, ar, água, temperatura adequada e dos seguintes elementos minerais: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. Esses elementos, e mais o carbono, o hidrogênio e o oxigênio, presentes no ar e na água, constituem os nutrientes essenciais aos vegetais. Para as leguminosas, inclui-se também o cobalto como nutriente essencial.

É por isso que uma planta desenvolve-se perfeitamente em “solução nutritiva”, isto é, em água contendo aqueles elementos minerais em quantidades suficientes e na presença de luz, ar e temperatura adequada.

Portanto, o solo não é essencial à vida das plantas. Porém, é de fundamental importância para a agricultura, isto é, para o cultivo das plantas em escala maior e com fins econômicos, porque serve para abrigar e fixar as plantas, armazenar e fornecer água e todos aqueles elementos minerais exigidos pelos vegetais.

II – FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A produção agrícola depende de uma série de fatores limitantes, isto é, o mau desempenho de um pode comprometer todos os demais. Basicamente, esses fatores são os seguintes: clima, solo, planta, práticas culturais e incidência de pragas e doenças.

Entende-se como clima, um conjunto de condições naturais que determinam a ecologia de uma região, destacando-se a radiação solar, a temperatura e a água.

O solo, conforme já referido, é fundamental para abrigar e fixar as plantas, armazenar água e fornecer os nutrientes essenciais à vida vegetal. Em relação à função de fornecedor de nutrientes, os solos podem ser ricos ou pobres nesses nutrientes, e solos ricos são empobrecidos com o decorrer da exploração agrícola. A função dos adubos ou fertilizantes é levar nutrientes vegetais ao solo.

¹ Eng^o Agrônomo, Professor Titular do Dept^o de Química, ESALQ-USP, Piracicaba – SP

² Eng^o Agrônomo

³ Eng^o Agrônomo, Professor Emérito do Departamento de Ciência do Solo, UFLA, Lavras – MG.
Consultor Técnico da ANDA.

Quanto à planta, atualmente dispõe-se de variedades mais adaptadas a determinadas condições e, conseqüentemente, mais produtivas.

As práticas culturais compreendem todas as recomendações técnicas gerais e específicas que devem ser observadas: preparo do solo, calagem, adubação, qualidade da semente, espaçamento, irrigação, controle do mato, etc.

Finalmente, todas as plantas estão sujeitas às pragas e doenças, que comprometem não só a produção como a qualidade do produto. O controle fitossanitário, ou seja, o combate às pragas e doenças, é uma prática indispensável à agricultura.

De todos os fatores relacionados, o clima e o solo são os que determinam o potencial agrícola da região. No Brasil, o clima é dos mais favoráveis, dispondo, em abundância, de radiação solar, temperatura adequada e água. Em termos de solo, a área agricultável é também imensa. Nestas condições naturais privilegiadas, ocorrem algumas deficiências: certa desuniformidade pluviométrica e solos com acidez elevada e pobres de nutrientes. Porém, são deficiências corrigíveis do ponto de vista técnico, até com certa facilidade, através da irrigação, calagem e adubação. É por isso que o Brasil é conceituado como ‘um País eminentemente agrícola’ e que está predestinado a ser o “celeiro do mundo”.

O presente trabalho trata especificamente da prática da adubação, isto é, do fornecimento ao solo de nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais, através da adição de adubos.

III – OS ADUBOS OU FERTILIZANTES

Adubo ou fertilizante é um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, fornecedor de um ou mais nutrientes vegetais.

1. Classificação sob o ponto de vista químico

1.1. Fertilizantes minerais: são os fertilizantes constituídos de compostos inorgânicos (compostos desprovidos de carbono). São também considerados fertilizantes minerais aqueles constituídos de compostos orgânicos (compostos que contêm carbono) sintéticos ou artificiais, como a uréia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, a calciocianamida e os quelatos.

Os fertilizantes minerais se subdividem em três classes:

- a) Fertilizantes simples: são os fertilizantes constituídos fundamentalmente de um composto químico, contendo um ou mais nutrientes vegetais, quer sejam eles macro ou micronutrientes ou ambos. A relação dos fertilizantes minerais simples reconhecidos pela legislação brasileira encontra-se no Anexo 1 (página 21).
2
- b) Fertilizantes mistos ou misturas de fertilizantes: são os fertilizantes resultantes da mistura de dois ou mais fertilizantes simples.
- c) Fertilizantes complexos: são misturas de fertilizantes resultantes de processo tecnológico em que se formam dois ou mais compostos químicos. São misturas produzidas com a participação de matérias-primas (amônia – NH_3 , ácido sulfúrico – H_2SO_4 , ácido fosfórico – H_3PO_4), as quais dão origem a compostos químicos como sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, fosfato monoamônico (MAP) – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, fosfato diamônico (DAP) – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

1.2. Fertilizantes orgânicos: são os fertilizantes constituídos de compostos orgânicos de origem natural, vegetal ou animal. A relação dos fertilizantes orgânicos reconhecidos pela legislação brasileira encontra-se no Anexo 2 (página 35).

É importante distinguir-se bem a capacitação dos fertilizantes minerais e orgânicos. Isso fica facilitado utilizando-se o conceito de melhorador ou condicionador do solo: são produtos que promovem a melhoria das propriedades físicas (porosidade, aeração, capacidade de retenção de água) ou físico-químicas (capacidade de retenção de cátions) do solo. Exemplo: serragem, vermiculita. Portanto, a função de melhorar as características químicas (conteúdo de nutrientes) fica reservada aos fertilizantes.

E comparando-se os conceitos de fertilizante e de condicionador, verifica-se que os materiais orgânicos se enquadram muito melhor no segundo, pois sua ação é muito mais eficaz no aumento da porosidade, aeração, retenção de água, atividade microbiana e capacidade de retenção de cátions, do que como fornecedor de nutrientes. Isto porque os materiais orgânicos contêm nutrientes vegetais em baixíssimas concentrações, necessitando-se de grandes quantidades desses produtos para funcionarem como fertilizantes. E isso fica limitado pela disponibilidade do produto e pelo custo, principalmente do transporte.

Assim, é evidente que os produtos orgânicos desempenham muito mais as funções de condicionador ou melhorador do solo e muito pouco as funções de fertilizante, enquanto os produtos minerais desempenham efetivamente as funções de fertilizante.

Essa distinção é muito importante porque é incorreta a comparação dessas duas classes de produtos como fertilizantes: os produtos orgânicos certamente estarão prejudicados, e poderão ser conduzidos a um errôneo descrédito, quando na

verdade deve-se fazer uso de todo o material orgânico de que se puder dispor devido à sua função de condicionador e ao aumento na eficiência dos fertilizantes minerais. Por outro lado, essa distinção de funções serve também para desmistificar o caráter de agrotóxico que, por pura ignorância, não raro é atribuído aos fertilizantes minerais, o que certamente tem sido bastante negativo à agricultura brasileira.

3

1.3. Fertilizantes organo-minerais: são os fertilizantes resultantes da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais. O objetivo dessas misturas é enriquecer os materiais orgânicos de nutrientes vegetais. Porém, sua aplicabilidade tem sido restrita porque só se consegue produzir essas misturas com concentrações relativamente baixas tanto do componente orgânico como do mineral.

2. Classificação sob o ponto de vista físico

2.1. Sólidos: são os fertilizantes que se apresentam no estado sólido.

Os fertilizantes sólidos estão subdivididos em duas classes:

- a) Pó ou farelado: quando as partículas são de pequenas dimensões.
- b) Granulado: quando as partículas são de dimensões que permitem caracterizar um grânulo. Nesta classe, as misturas de fertilizantes apresentam peculiaridades próprias:
 - misturas de grânulos ou misturas de granulados: são as obtidas pela simples mistura de dois ou mais fertilizantes simples previamente granulados. São misturas físicas e caracterizam-se por apresentar os nutrientes contidos em grânulos distintos;
 - misturas granuladas: são as obtidas pela mistura de dois ou mais fertilizantes simples em pó e sua posterior granulação, ou são obtidas de uma mistura complexa e posterior granulação. No primeiro caso, são também misturas físicas e, no segundo, misturas químicas; mas ambas caracterizam-se por conter, em cada grânulo, todos os nutrientes garantidos na mistura.

2.2. Fluidos: são os fertilizantes que se apresentam no estado líquido. Estão subdivididos em duas classes:

- a) Soluções: são os fertilizantes líquidos que se apresentam na forma de soluções verdadeiras, isto é, isentas de material sólido.

- b) Suspensões: são os fertilizantes líquidos que se apresentam na forma de suspensões, isto é, uma fase sólida dispersa num meio líquido.

2.3. Gasosos: são os fertilizantes que se apresentam no estado gasoso, nas condições normais de temperatura e pressão. O único fertilizante que se apresenta nesta forma é a amônia anidra.

IV – CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DOS FERTILIZANTES

As características de qualidade dos fertilizantes são as condições naturais ou artificiais com que esses produtos podem se apresentar, e têm relação direta ou indireta com a sua eficiência.

Essas características são diversas ou até numerosas e podem ser de natureza física, química ou físico-química.

1. Características de natureza física

As características de natureza física são:

1.1.Estado físico: os fertilizantes podem se apresentar nos três estados físicos: sólido, fluido e gasoso.

A forma sólida foi, e ainda é, a predominantemente usada no Brasil.

O uso de fertilizantes fluidos, soluções e suspensões, é relativamente recente no Brasil, mas vem mostrando um ritmo crescente de consumo.

Quanto ao estado gasoso, o único fertilizante assim empregado em aplicação direta é a amônia anidra, mas, no Brasil, praticamente não é usada, pois exige cuidados rigorosos e tecnologia.

1.2. Granulometria: a granulometria dos fertilizantes sólidos relaciona-se com o tamanho e a forma de suas partículas.

- a) Tamanho: a influência do tamanho das partículas nas características dos fertilizantes sólidos fundamenta-se no fato de que a subdivisão de um material aumenta sua superfície de exposição por unidade de massa. Como consequência, todos os fenômenos que dependem do contato, como velocidade de dissolução, absorção de umidade atmosférica ou higroscopicidade e outros, são intensificados ou reduzidos em função do tamanho.

Assim, o tamanho das partículas dos fertilizantes sólidos deve ser considerado sob dois aspectos:

- Os fertilizantes solúveis em água e higroscópicos, como nitrato de amônio, uréia, nitrocálcio, etc., devem ser preferidos com granulometria grosseira. A maioria dos processos de produção de fertilizantes solúveis dão origem a produtos de granulometria fina, podendo esta ser considerada sua forma inata; a fim de minimizar os inconvenientes apontados, aumenta-se o tamanho de suas partículas através da granulação.
- Os fertilizantes pouco solúveis em água, como os termofosfatos, fosfatos naturais, etc., devem ser preferidos com granulometria fina. O grau de finura deve ser maior quanto menor a solubilidade, a fim de que esta seja facilitada.

Uma importante característica de qualidade dos fertilizantes sólidos, relacionada com o tamanho de suas partículas, é a uniformidade do tamanho. A desuniformidade gera a *segregação*, isto é, a separação e acomodação seletiva das partículas por ordem de tamanho, com a movimentação e trepidação do produto. Isso pode comprometer seriamente a homogeneidade, em especial da mistura de grânulos, onde a separação por ordem de tamanho leva automaticamente à separação dos nutrientes. Além disso, a desuniformidade do tamanho acarreta a distribuição irregular dos fertilizantes nas adubações, tanto quantitativamente, dificultado as regulagens das adubadoras, quanto qualitativamente, se ocorrer a segregação no caso das misturas de grânulos.

- b) Forma: a forma das partículas dos fertilizantes sólidos é bastante variada e não tem um maior relacionamento com suas características de qualidade, a não ser em relação à fluidez, isto é, o livre escoamento do produto dos recipientes que os contém, e ao empedramento, como será visto adiante.

1.3. Consistência: é o grau de dureza ou resistência dos grânulos à quebra ou à abrasão. A fragilidade dos grânulos provoca sua quebra ou esfarelamento (gerando pó) no armazenamento, no transporte e no manuseio, tornando suas partículas desuniformes no tamanho e provocando, como conseqüência, os inconvenientes já apontados. A consistência dos grânulos pode ser aumentada com o uso de substâncias chamadas aglutinantes.

1.4. Fluidez: é a capacidade de livre escoamento do fertilizante por determinados espaços. Essa característica relaciona-se com a eficiência da distribuição mecânica dos fertilizantes. No caso dos fertilizantes sólidos, diversos

fatores influem nessa característica, como a higroscopicidade, uniformidade e forma das partículas.

1.5. Densidade: é o peso por unidade de volume do produto. No caso de fertilizantes sólidos, essa característica tem pouca importância. Por outro lado, no caso de líquidos, relaciona-se diretamente com a fluidez.

2. Características de natureza química

As características de natureza química são:

2.1. Número de nutrientes: quanto ao número de nutrientes, um único produto pode apresentar um, dois ou mais macronutrientes primários, assim como pode conter, também, macronutrientes secundários e micronutrientes. É evidente que a qualidade de um fertilizante é, em geral, bastante dependente do número de nutrientes que contém, desde que necessários.

São raras as condições de cultivo em que apenas um macronutriente primário seja necessário, o que fez crescer o uso de fertilizantes contendo vários nutrientes, especialmente o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Isso é conseguido através da mistura de fertilizantes. Apesar das incontáveis vantagens que as misturas apresentam, os fertilizantes que contêm apenas um ou dois nutrientes (fertilizantes simples) ainda mostram certas particularidades importantes, pois permitem o preparo de misturas específicas pelo consumidor e o parcelamento na aplicação de certos nutrientes.

2.2. Forma química dos nutrientes: os nutrientes são usados nos fertilizantes sob várias formas químicas e/ou em vários compostos químicos.

O nitrogênio se apresenta principalmente nas formas amoniacal, NH_4^+ ; nítrica, CO_3^- ; amídica, $-\text{NH}_2$; e protéica ($\text{H}_2\text{N} - \text{R} - \text{CO} - \text{NH} - \text{R} - \text{COOH}$)_n.

O fósforo se apresenta principalmente na forma de ortofosfato, PO_4^{3-} , mas em numerosos compostos químicos: monocalcico, $(\text{CaH}_2\text{PO}_4)_2$; bicálcico, CaHPO_4 ; tricálcico, Ca_3PO_4 ; monoamônico, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; diamônico, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; apatitas, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$; sílico-fosfato, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2.\text{CaSiO}_3$; e outros.

O potássio se apresenta em uma única forma, K^+ , e comumente em dois compostos: cloreto, KCl ; e sulfato, K_2SO_4 , podendo se apresentar também na forma de nitrato, KNO_3 .

Os macronutrientes secundários e micronutrientes também são usados sob várias formas químicas e em vários compostos químicos.

As diferentes formas ou compostos químicos podem comportar-se também diferentemente como fertilizantes, pois apresentam diferentes reações no solo, podem influenciar certas propriedades do solo como pH e salinidade, podem apresentar incompatibilidade como outros fertilizantes numa mistura, estando também associadas às diferentes características físicas e físico-químicas dos fertilizantes.

Apesar disso, de uma maneira geral, a forma ou o composto químico dos nutrientes não tem tido, no Brasil, a relevância que deveria ter em relação à qualidade dos fertilizantes, considerando-se o produto final comercializado; haja vista a legislação brasileira, que exige apenas a garantia do teor total de todos os nutrientes, com exceção do potássio, do qual se exige o teor solúvel em água, e do fósforo, do qual se exige o teor solúvel em água e em solução neutra de citrato de amônio, no caso dos fosfatados acidulados e parcialmente acidulados. No caso dos fosfatados insolúveis em água, exige-se o teor total e o teor solúvel em solução de ácido cítrico a 2% na relação 1:100.

Esses critérios, isto é, teores total, solúvel em água, solúvel em solução neutra de citrato de amônio e solúvel em solução de ácido cítrico a 2% (relação 1:100), foram estabelecidos para se avaliarem os fertilizantes em condições de laboratório e de uma maneira rápida: os teores de nutrientes assim obtidos significam, aproximadamente, aquilo que é prontamente, ou a curto prazo, aproveitável pelas plantas.

2.3. Concentração dos nutrientes: uma das características preponderantes, relativa à qualidade dos fertilizantes, é a concentração de nutrientes nele contidos.

Os fertilizantes com alta concentração de nutrientes apresentam vantagens econômicas quanto ao armazenamento, transporte e distribuição, apesar desses produtos, exigirem tecnologia sofisticada e onerosa para sua produção e serem, em geral, destituídos de nutrientes secundários e micronutrientes. Por outro lado, não deve ser rejeitada a idéia do uso racional de fertilizantes de baixa concentração, assim como dos fertilizantes naturais, que apresentam vantagens econômicas do ponto de vista tecnológico. Aliás, atualmente, a conceituação da política de pesquisa e desenvolvimento de fertilizantes adota duas linhas de produção: fertilizantes de alta concentração e fertilizantes naturais, estes últimos destinados principalmente ao uso nas regiões próximas das fontes de produção.

Ainda com relação à concentração de nutrientes deve ser considerada a possibilidade de toxidez por excesso, em especial dos micronutrientes, o que será abordado a seguir.

2.4. Compostos nocivos aos vegetais: os fertilizantes podem conter, em espécie e/ou quantidade, compostos que são nocivos aos vegetais.

Em espécie, são nocivos aos vegetais os seguintes compostos: biureto, que pode ser formado na fabricação da uréia; tiocianato, que pode estar presente no sulfato de amônio; perclorato, que pode acompanhar o salitre do Chile; e dicianodiamida, que pode se formar pela polimerização da cianamida, da calciocianamida. Em quantidade, o problema da presença de constituintes nocivos aos vegetais relaciona-se principalmente com os micronutrientes. Tais elementos são essenciais à vida das plantas em pequenas quantidades, mas, quando presentes em quantidades maiores, tornam-se tóxicos. E o importante, no caso, é que o intervalo entre as concentrações ótima e tóxica dos micronutrientes no solo é

geralmente bastante estreito. Ainda sobre o assunto, cabe considerar a técnica da mistura de defensivos agrícolas (inseticidas, fungicidas, herbicidas, etc.) com os fertilizantes. Embora pouco difundida no Brasil, e apesar das vantagens que apresenta, seu uso deve ser cuidadoso em vista dos riscos a que os vegetais ficam expostos quando inadequadamente empregada.

Os conhecimentos sobre as injúrias sofridas pelos vegetais, devidas aos insumos ou às substâncias neles contidas, ainda deixam a desejar.

3. Características de natureza físico-química

As características de natureza físico-química são:

3.1. Solubilidade: a história do uso de adubos para aumentar as colheitas mostra que os primeiros produtos utilizados foram naturais e de origem orgânica (esterco, ossos, cinzas de plantas, restos de lã, etc.), insolúveis em água. Com o tempo, e principalmente com os conhecimentos adquiridos sobre a nutrição mineral das plantas, foi observado que produtos solúveis em água apresentavam melhor efeito e, sobre essa conceituação, instalou-se e desenvolveu-se toda a indústria de fertilizantes até os dias atuais. Assim, de uma maneira geral, a solubilidade em água, associada à concentração de nutrientes, são hoje as características mais importantes que definem a qualidade um fertilizante. Contudo, a situação atual dos fertilizantes, no que diz respeito à solubilidade, apresenta dois aspectos distintos:

- a) Sabe-se que uma parte maior ou menor dos nutrientes adicionados ao solo não é aproveitada pelos vegetais devido a diversas causas, como perdas por lixiviação ou lavagem, insolubilização, volatilização, etc. Estima-se que o índice de aproveitamento do nitrogênio seja de 70 a 90%, dos fósforos seja de 5 a 20% e do potássio, de 50 a 70%. Um dos fatores que contribuem substancialmente para essas perdas é a pronta solubilização dos fertilizantes.
- b) O outro aspecto da solubilidade dos fertilizantes origina-se da possibilidade de emprego de produtos não solúveis em água: a velocidade de dissolução desses materiais pode ser aumentada reduzindo-se as dimensões de suas partículas. É o caso dos termofosfatos, farinha de ossos, fosfatos naturais e outros.

Quadro 1. Índice salino de diversos fertilizantes, determinado em relação ao nitrato de sódio tomado como índice 100.

Fertilizantes	Índice salino
Nitrato de sódio	100
Nitrato de amônio	105
Sulfato de amônio	69
Fosfato monoamônico	30
Fosfato diamônico	34
Nitrocálcio	61
Uréia	75
Amônia anidra	47
Superfosfato simples	8
Superfosfato triplo	10
Cloreto de potássio	116
Sulfato de potássio	46
Sulfato de potássio e magnésio	43

3.4. Índice salino: é o aumento da pressão osmótica da solução do solo provocada pela salinidade do adubo (Quadro 1). Osmose é o caminha-mento de solvente (água) através de membranas semi-permeáveis, no sem-tido da solução de menor pressão osmótica para a de maior pressão osmó-tica. Assim, se a pressão osmótica da solução do solo tornar-se superior à da solução celular das raízes, tem-se o caminhamento da água da célula para o solo, com o conseqüente murchamento e, normalmente, a morte da planta. As plantas novas são as que mais sentem os efeitos da salinidade.

V. A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES

O sucesso de uma adubação depende de uma série de fatores, direta e indiretamente ligados a essa prática.

1. Fatores diretos

Dentre os fatores diretos, destacam-se:

1.1. Qualidade dos fertilizantes: conforme visto no capítulo anterior, são numerosas as características apresentadas pelos fertilizantes que têm relação com a sua qualidade. Algumas características são de âmbito geral, isto é, dizem respeito à qualidade de qualquer produto, como, por exemplo, consistência dos grânulos, segregação, fluidez, higroscopicidade, empedramento. Outras, porém, dependem da

situação agrícola em que o produto vai ser utilizado, como por exemplo, estado físico, número, forma química e concentração de nutrientes e solubilidade.

Assim, não se podem definir as características-padrão de qualidade. As melhores características de qualidade devem ser eleitas em função das condições em que o produto vai ser usado, eleição essa que deve ser feita através de um criterioso estudo técnico. O engenheiro agrônomo deve estar capacitado para isso.

1.2. Solo: as características físicas, químicas, físico-químicas e orgânicas do solo influem de maneira decisiva na eficiência dos adubos.

As características físicas como textura, estrutura e porosidade são fatores determinantes para o armazenamento, mobilidade e, principalmente, perdas de fertilizantes adicionados pelas adubações, perdas essas que podem ser por lixiviação ou lavagem dos nutrientes, ou erosão.

As características químicas estão relacionadas com a natureza dos minerais do solo e a disponibilidade de nutrientes presentes no solo, subsidiando esse fundamental para a recomendação da dose de adubação, assim como as transformações a que os nutrientes adicionados ao solo estarão sujeitos.

As características físico-químicas dizem respeito, principalmente, à capacidade de troca ou retenção de cátions e ao pH . A primeira reflete a capacidade de armazenamento de nutrientes catiônicos pelo solo, além da qual esses nutrientes ficam mais sujeitos à lixiviação.

O pH , que é um índice que indica o grau de acidez do solo, é de extrema importância, porque determina a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados (Figura 2) e também a assimilação dos nutrientes pelas plantas (Quadros 2 e 3). Considerando-se que a maioria dos solos brasileiros apresentam acidez média a alta, a sua correção, ou seja, a calagem, é um fator decisivo na eficiência das adubações, conforme mostram os dados do Quadro 4. *Adubar o solo ácido é desperdiçar fertilizante.*

As características orgânicas são de inestimável valor, uma vez que melhoram as características físico-químicas e biológicas principalmente e, com isso, possibilitam um desempenho muito melhor dos fertilizantes minerais.

O conhecimento de todas essas características de um determinado solo é obtido através da análise física e química.

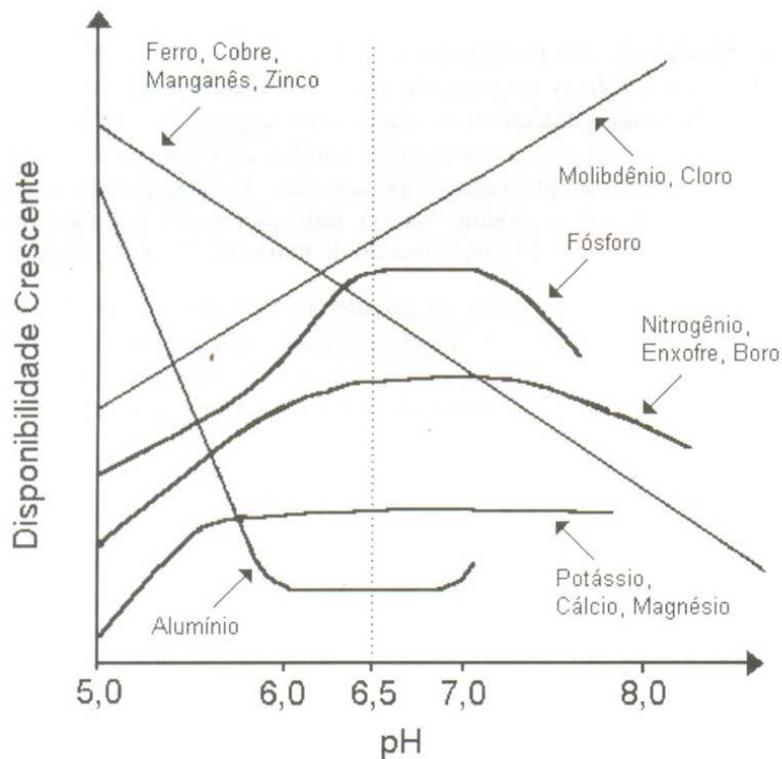


Figura 2. Efeito do pH na disponibilidade dos nutrientes e do alumínio no solo (Malavolta, 1979).

Quadro 2. Estimativa de variação porcentual na assimilação dos principais nutrientes pelas plantas, em função do pH do solo (PNFCA, 1974; EMBRAPA, 1980).

Elementos	PH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100
Médias	26,7	46,2	64,2	79,5	93,8	100

Quadro 3. Produção relativa de algumas culturas, no Brasil, em função do pH (produção máxima obtida = 100) (Malavolta, 1983).

Cultura	PH				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Milho	34	73	83	100	85
Trigo	68	76	89	100	99
Aveia	77	93	99	98	100
Centeio	0	23	80	95	100
Alfafa	2	9	42	100	100
Trevo doce	0	2	49	89	100
Trevo vermelho	12	21	53	98	100
Soja	65	79	80	100	93
Médias	32,3	47,0	71,9	97,5	97,1

Quadro 4. Ganhos de produtividade devido à calagem (Malavolta, 1986).

Aumento de produtividade devido à calagem(*)

Cultura	Esta	Kg/ha	%
(*) Em relação ao tratamento sem calagem e com adubo.			
Arroz	GO	850	68
Batata	SP	14.000	233
Feijao	PR	400	50
Milho	GO	2.400	104
Soja	MG	1.100	183
Trigo	RS	300	17
Algodão	GO	2.500	500
Cacau	BA	250	23
Café	MG	720	55
Cana (2 safras)	SP	53.000	36

1.3. Recomendação equilibrada, qualitativa e quantitativa: na prática da adubação é amplamente conhecida a famosa “lei do mínimo” de Liebig, isto é, a produção fica limitada pelo nutriente que se encontra em menor disponibilidade. Essa lei pode ser entendida representando-a por um recipiente de bordas irregulares na altura (Figura 3): a capacidade do recipiente fica limitada à menor altura da borda.

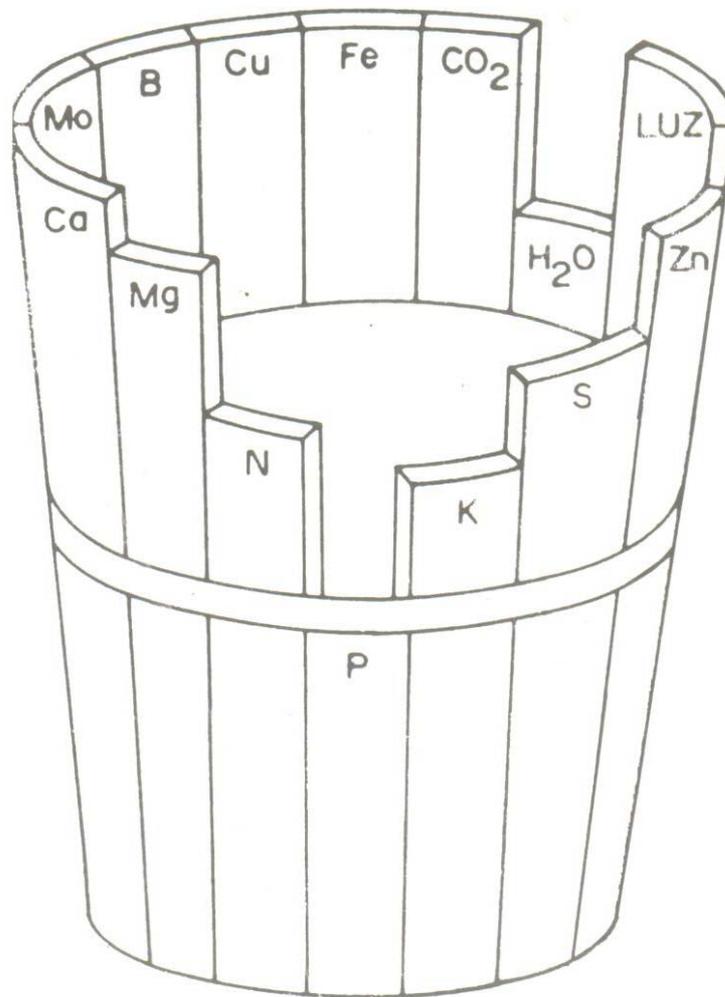


Figura 3. Representação da “lei do mínimo” de Liebig.

Portanto, a recomendação da adubação deve contemplar as espécies de nutrientes necessárias e a sua quantidade. Quanto à quantidade ou dose deve-se considerar uma outra lei, a “lei dos acréscimos decrescentes”, e também o aspecto econômico: as adubações não devem visar à produtividade máxima, mas à produtividade que proporcione o maior lucro, isto é, a produtividade máxima econômica, o que será comentado no Capítulo VII.

1.4. Época de aplicação: produtos de baixa solubilidade devem ser aplicados com antecedência para que tenham oportunidade de se dissolverem. Produtos solúveis deveriam ser aplicados nas fases de sua maior exigência pela cultura, uma vez que, no solo, podem ficar sujeitos a perdas. É óbvia a dificuldade desse procedimento: porém, algumas práticas como a do parcelamento, principalmente dos nitrogenados, é um fator importante na eficiência.

1.5. Forma de aplicação ou localização: os adubos de baixa solubilidade devem ser aplicados em área total e bem incorporados ao solo, a fim de que os fatores solubilizantes possam melhor agir. Os adubos solúveis devem ser aplicados mais localizados, próximos às raízes, para diminuir as perdas.

1.6. Uniformidade da distribuição: a dose de adubo recomendada deve ser distribuída uniformemente por toda a área, observada a forma de aplicação indicada. Isso depende da qualidade dos equipamentos aplicadores, da sua regulagem e operacionalidade corretas, mas depende também de alguns aspectos de qualidade do fertilizante, como segregação, higroscopicidade, empedramento e fluidez.

2. Fatores indiretos

Dentre os fatores indiretos, dos quais depende o sucesso das adubações, estariam todos aqueles que influem na produção agrícola:

2.1. Umidade do solo: as plantas só absorvem os nutrientes que estão na solução do solo. Portanto, a presença de água é fundamental, quer proveniente de chuvas ou de irrigação. Em solo seco a eficiência dos fertilizantes é altamente prejudicada. Por outro lado, o excesso de água também é maléfico, porque acentua a perda por lixiviação.

2.2. Planta: as diferentes espécies de plantas respondem diferentemente ao efeito dos fertilizantes. Mas dentro de uma mesma espécie há variedades com maior capacidade de aproveitamento dos fertilizantes, sendo portanto mais responsivas ao efeito dos adubos e, conseqüentemente, mais produtivas.

2.3. Outros: a eficiência dos fertilizantes está também sujeita a uma série de outros fatores indiretos, como preparo adequado do solo, espaçamento, combate às ervas daninhas, pragas e moléstias, fatores esses que dificultam ou impedem a plenitude da ação dos fertilizantes e, conseqüentemente, o seu aproveitamento pelas plantas.

VI – PERDAS DE NUTRIENTES

Os nutrientes adicionados ao solo pelos adubos podem sofrer perdas. O conhecimento das causas das perdas é importante, pois evitando-as ou minimizando-as pode-se melhorar a eficiência dos adubos.

As principais possibilidades de perdas de nutrientes no solo são:

1. Erosão

É o desagregamento e arraste de solo provocado principalmente pela água. Estima-se que o Brasil perde, por erosão laminar (água que corre sobre a superfície do solo), cerca de 500 milhões de toneladas de terra anualmente. Portanto, no estabelecimento de uma cultura é imprescindível um planejamento técnico de conservação do solo.

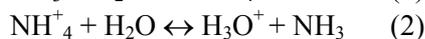
2. Lixiviação ou percolação

É a perda de nutrientes pela lavagem do solo no sentido vertical. A esse tipo de perda estão sujeitos os fertilizantes solúveis e principalmente os ânions (íons negativos) que não são ou são fracamente adsorvidos no solo como NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , etc.

3. Volatilização de nitrogênio

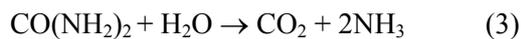
É a perda de nitrogênio na forma de compostos gasosos, e ocorre em diversas situações.

Uma delas é a volatilização de amônia (NH_3) gasosa, que é justificada pelas equações de equilíbrio (1) ou (2):



Observa-se que, em meio alcalino, essas reações deslocam-se no sentido de produzir NH_3 (gasoso) e, em meio ácido, deslocam-se no sentido de produzir NH_4^+ , não volátil.

A principal ocorrência da volatilização de amônia é com a uréia, que se decompõe segundo a equação (3).



Para que o NH_3 não se desprenda para a atmosfera, há a necessidade de meio ácido no solo, transformando-a no cátion NH_4^+ , não volátil. Esta é a razão pela qual a uréia deve ser incorporada ao solo ácido. Em solos alcalinos a perda ocorre mesmo incorporando-se a uréia.

Perdas por volatilização de amônia ocorrem também com nitrogenados amoniacais (NH_4^+) quando aplicados em solos alcalinos, o que é explicado pela equação (2).

Outra situação de perda de nitrogênio gasoso é o processo de desnitrificação, que ocorre em condições de falta de oxigênio (arroz inundado, por exemplo): nitrato é reduzido microbiologicamente a N_2O ou N_2 , gasosos.

4. Fixação

É a passagem de formas solúveis de nutrientes para formas insolúveis, isto é, não disponíveis às plantas. Ocorre principalmente com o fósforo e tem como causa diversos fatores, sendo um dos mais importantes a presença de alumínio e ferro, que formam, com o fósforo, fosfatos de alumínio e de ferro altamente insolúveis. Estima-se que apenas 5% a 20% do fósforo solúvel adicionado ao solo como adubo seja aproveitado pela cultura que o recebeu e que 95% a 80% dele seja fixado.

Uma das práticas mais fáceis e econômicas de minimizar a fixação de fósforo é a calagem, que insolubiliza o alumínio e o ferro diminuindo sua ação fixadora sobre o fósforo. É por isso que a calagem aumenta a disponibilidade de fósforo do solo.

A fixação não deve ser encarada como uma perda total, uma vez que parte do fósforo fixado pode voltar a ser disponível. Esse retorno, porém, é quantitativamente muitíssimo inferior ao que é fixado, o que caracteriza a fixação como uma perda.

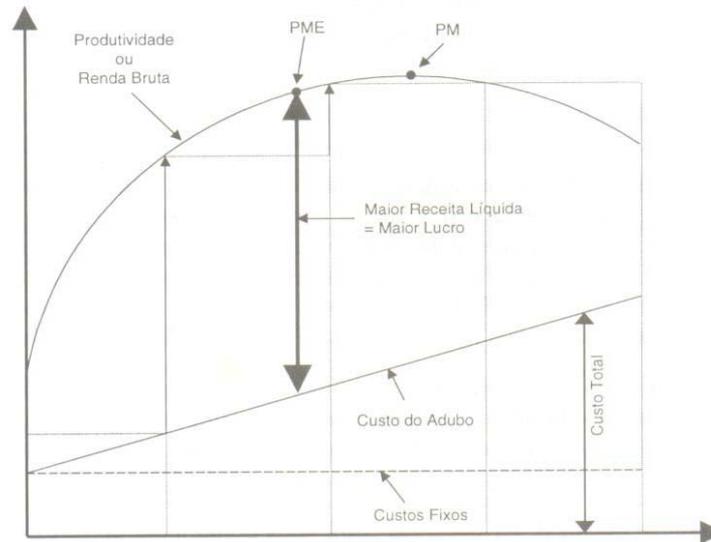
VII – PRODUTIVIDADE MÁXIMA E PRODUTIVIDADE MÁXIMA ECONÔMICA

O agricultor não usa insumos com o objetivo apenas de aumentar sua produtividade (produção por unidade de área). O agricultor usa e deve usar insumos a fim de aumentar o seu lucro, ou seja, a relação benefício/custo. Para isso, o que interessa não é a busca da Produtividade Máxima (PM) mas a Produtividade Máxima Econômica (PME), isto é, o nível de produtividade que proporciona o maior lucro. Basicamente, a PME se fundamenta na redução dos custos e no aumento da produtividade.

Não resta dúvida de que é um assunto complexo, dado o grande número de variáveis envolvidas nesse jogo. Porém, dentro do tema deste boletim, devem-se esclarecer dois aspectos da participação dos adubos na PME:

- a) a contribuição dos adubos no aumento da produtividade das culturas é da ordem de 30% a 50%, enquanto os demais fatores de produção (variedades melhoradas, sementes selecionadas, práticas culturais, controle de pragas e doenças, etc.) conjuntamente contribuem com os 50% a 70% restantes;

- b) nas adubações, não se deve esquecer a “lei dos acréscimos decrescentes”, isto é, as respostas de produtividade às doses crescentes de adubos não são lineares, conforme mostra a Figura 4.



Doses de Adubo

Figura 4. Relação entre a eficiência das adubações e a Produtividade Máxima Econômica (PME) $PM = Produtividade Máxima$.

Portanto, os adubos, ou melhor, a eficiência das adubações, tem uma significativa participação na obtenção da PME, uma vez que a eficiência de uma adubação é, nada mais, nada menos, do que se obterem maiores acréscimos de produtividade por unidade de quantidade de adubo empregada.

VIII – CONCLUSÃO

Os fertilizantes participam de maneira significativa na obtenção da Produtividade Máxima Econômica de qualquer cultura. Os adubos e as adubações oferecem muitas condições de manejo para se ajustarem às diferentes situações agrícolas e serem mais eficientes, isto é, proporcionarem maiores acréscimos de produtividade por unidade de quantidade de adubo usada. Para isso, é indispensável conhecer e aplicar corretamente a tecnologia agrícola disponível relativa aos adubos e às adubações.

IX. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALCARDE, J. C. Desaproveitamento de fertilizantes pela agricultura brasileira. Rio Claro, SP, EMBRACAL – Empresa Brasileira de Calcário Ltda., 1982. 4 p.
- ALCARDE, J. C. & LOPES, A.S. Calagem e eficiência dos fertilizantes minerais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Simpósio sobre “Sistema de Produção”. Campinas, SP, 1987.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, Serviço de Fiscalização e Fomento da Produção Vegetal, da Diretoria Federal de Agricultura em Minas Gerais. Legislação – Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. 1997. 104 p.
- CDE – CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola. Brasília, DF, 1974. 55 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Projeto “Racionalização do uso de insumos”. Sub-projeto “Pesquisa em racionalização de fertilizantes e corretivos na agricultura”. Brasília, DF, 1980. 78 p.
- EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas. São Paulo, SP, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 341 p.
- JOHNSON, R. R. Qual o limite de produtividade das culturas? Informações Agrônomicas nº 20. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982.
- LOPES, A. S. Solos sob “Cerrado”- Características, Propriedades e Manejo. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.
- MALAVOLTA, E. ABC da Adubação. 4ª edição. São Paulo SP, Editora Agronomia Ceres, 1979. 255 p.
- MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola: Adubos e Adubações, 3ª edição. São Paulo SP, Editora Agronômica Ceres, 1981.
- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas, In: Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, SP, Fundação Cargill, 1983. Cap. I, p. 3-64.
- MALAVOLTA, E. O impacto de novas tecnologias no setor de fertilizantes. In: Seminário sobre Fertilizantes – Situação Atual e Perspectivas. São Paulo, SP, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1986. 46 p.

- RAIJ, B. Van Avaliação de Fertilidade do Solo. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142 p.
- RAIJ, B. Van; ROSAND, P. C. & LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: Adubação Fosfatada no Brasil. Brasília, DF, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1982. p. 9-28.
- TISDALE, S. L. & NELSON, W. L. Soil Fertility and Fertilizers. 3rd edition. New York, MacMillan Publishing Co., Inc., 1975. 694 p.
- WAGNER, R. E. Produtividade Agrícola: o desafio da pesquisa em produções máximas. Informações Agronômicas, n^o 16. Piracicaba, SP, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981.

Anexo 1. Fertilizantes minerais simples

Fertilizante	Garantia Mínima	Características	Obtenção	Observação
Amônia Anidra	82% de N	O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amônia-cal	Síntese catalítica entre o nitrogênio do ar atmosférico e o hidrogênio proveniente do craqueamento do hidrocarboneto.	
Água Amoniacal	10% de N	Solução de amoníaco em água. O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amônia-cal.		
Solução Nitrogenada	21% de N	Soluções aquosas de amônia, nitrato de amônio, e algumas vezes uréia e outros compostos de nitrogênio.	Dissolução em água.	
Nitrato de Sódio	15% de N	O nitrogênio deverá estar na forma nítrica.	1) Purificação e concentração do caliche. 2) Ação de óxido de nitrogênio sobre o hidróxido de sódio ou lixívia. 3) Ação de ácido nítrico sobre hidróxido de sódio ou lixívia.	O teor de perclorato não poderá ser maior de 1% expresso em perclorato de sódio.
Uréia	44% de N	O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amídica.	Reação do amoníaco e gás carbônico sob pressão.	O teor de biureto não pode ser maior de 1,5% para aplicação direta no solo e 0,3 para aplicação foliar.

Fertilizante	Garantia Mínima	Características	Obtenção	Observação
Uréia Sulfato de Amônio	40% de N	O nitrogênio deverá estar 88% na forma amídica e 12% na forma amoniacal.	Amoniação parcial do ácido sulfúrico com posterior adição de solução concentrada de uréia e amônia.	O teor de biureto não poderá ser maior que 1,5% para aplicação direta no solo e 0,3% para aplicação foliar, 4 a 6% de enxofre (S).
Uréia Formaldeído	35% de N	Nitrogênio na forma amídica.	Reação entre uréia formaldeído.	Pelo menos 60% de N total deve ser insolúvel em água.
Nitrato de Amônio	32% de N	O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica.	Neutralização do ácido nítrico pelo amoníaco.	
Nitrato de Amônio e Cálcio	20% de N	O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica.	1) Adição de calcário ou dolomita sobre amoníaco e ácido nítrico. 2) Mistura de nitrato de cálcio com o carbonato de amônio.	2 a 8 % de cálcio (Ca) e 1 a 5 % de magnésio (Mg)
Nitrossulfocálcio	25% de N	O nitrogênio deve estar metade na forma amoniacal e metade na forma nítrica	Adição de sulfato de cálcio no nitrato de amônio	3 a 5 % de enxofre (S) e 3 a 5 % de cálcio (Ca)
Cloreto de Amônio	25% de N	O nitrogênio deverá estar na forma amoniacal	Neutralização do ácido clorídrico por amônia. Reação entre carbonato de amônio e cloreto de sódio.	62 a 66% de cloro (Cl)

Anexo 1. Continuação

(continua)

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Sulfato de Amônio	20% de N	O nitrogênio deverá estar na forma amoniacal.	1) Neutralização do Ácido sulfúrico pelo amoníaco. 2) Reação do carbonato de amonio com o gesso. 3) A partir de gases de coque-ria ou de gases provenientes de unidades de ácido sulfúrico.	O teor de tiocianato não poderá exceder a 1%, expresso em tiocianato de amônio. 22 a 24% de enxofre (S)
Sulfonitrato de Amônio	25% de N	O nitrogênio deverá estar 75% na forma amoniacal e 25% na forma nítrica.	1) Ação do sulfato de amônio sobre o nitrato de amônio fundido. 2) Neutralização de mistura de ácido nítrico e sulfúrico pelo amoníaco.	13 a 15% de enxofre (S)
Cianamida de Cálcio	18% de N	Nitrogênio na forma ciana- mídica podendo conter até 3% de nitrogênio, como nitrato de cálcio.	Ação de nitrogênio sobre o carboneto de cálcio com adição de nitrato.	Apresenta também características de corretivo de acidez. 28 a 38% de cálcio (Ca).
Nitrato de Cálcio	14% de N	Nitrogênio na forma nítrica, podendo ter até 1,5% na forma amoniacal.	1) Reação de ácido nítrico com calcário. 2) Cristalização da solução resul- tante de ácido nítrico sobre o fosfato natural.	18 a 19% de cálcio (Ca) e 0,5 a 1,5% de magnésio (Mg).
Nitrato Duplo de Sódio e Potássio	15% de N 14% de K ₂ O	Nitrogênio na forma nítrica.	Refinação do caliche.	

(continua)

Anexo 1. Continuação				
Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação

	Mínima			
Sulfonitrato de Amônio e Magnésio	19% de N 3,5% de Mg	O nitrogênio deverá estar 67% na forma amoniacal e 33% na forma nítrica.	Neutralização da mistura de ácido sulfúrico e nítrico pelo amoníaco, com adição de composto de magnésio.	12 a 14% enxofre (S).
Fosfato Diamônico (DAP)	16% de N 45% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O e mínimo de 38% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal	Amoniação do ácido fosfórico.	
Fosfato Monoamônico (MAP)	9% de N 48% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O e mínimo de 44% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal	Amoniação de ácido fosfórico.	
Fosfossulfato de Amônio	13% de N 20% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O. Nitrogênio na forma amoniacal	Reação entre amônia anidra e uma mistura de ácido fosfórico e sulfúrico.	14 a 15% de enxofre (S)
Superfosfato Simples Amoniado	1% de N 14% de P ₂ O ₅	Nitrogênio na forma amoniacal. Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O	Reação de superfosfato simples pó com amônia e ácido sulfúrico.	A somatória de N+P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O deve ser no mínimo de 18%, 15 a 19% de cálcio (Ca) e 10 a 12% de enxofre (S).

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia Mínima	Características	Obtenção	Observação
Superfosfato Triplo Amonado	1% de N 38% de P ₂ O ₅	Nitrogênio na forma amônia-cal. Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O.	Reação de superfosfato triplo pó com amônia e ácido fosfórico.	A somatória de N+P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O deve ser no mínimo de 41%. 11 a 13% de cálcio (Ca).
Nitrofosfato	14% de N 18% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA +H ₂ O; mínimo de 16% de P ₂ O ₅ solúvel em água. Nitrogênio na forma nítrica.	Reação entre rocha fosfatada moída com o ácido nítrico ou mistura de ácidos.	8 a 10% de cálcio (Ca).
Escória de Thomas	12% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100	Desfosforização de ferro gusa por aeração e adição de rocha calcária e, se necessário, compostos quartzíferos. Moagem ou pulverização de escória líquida em corrente de ar com resfriamento brusco e peneiração.	20 a 29% de cálcio (Ca) 0,4 a 3% de magnésio (Mg)
Fosfato Natural	24% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 4% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Beneficiamento mecânico de fosfatos naturais mediante moagem fina.	23 a 27% de cálcio (Ca)
Hiperfosfato	30% de P ₂ O ₅ (Pó) 28% de P ₂ O ₅ (granulado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 12% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	1) Beneficiamento mecânico de fosfatos naturais moagem fina. 2) Fosfato natural moído ativado por agentes biológicos.	30 a 34% de cálcio (Ca)

(continua)

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Hiperfosfato Natural Reativo (Gafsa ou Carolina do Norte)	28% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação	34 a 35% de cálcio (Ca)
Fosfato Natural Reativo (Arad/Israel)	28% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação.	30 a 34% de cálcio (Ca)
Fosfato Natural Reativo (Djebel Onk/Argélia)	28% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação.	Mínimo de 35% de cálcio (Ca)
Fosfato Natural Reativo (Al-Albiad/El-Hassa da Jordânia)	28% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação.	30 a 35% de cálcio (Ca)
Fosfato Natural Reativo (Marrocos)	28% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação.	30 a 34% de cálcio (Ca)
Superfosfato Simples	18% de P ₂ O ₅ (farelado)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA +H ₂ O e mínimo de 16% em água	Reação de fosfato natural moído com ácido sulfúrico.	18 a 20% de cálcio (Ca) 10 a 12% de enxofre (S)

(continua)

Anexo 1. Continuação				
Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação

	Mínima			
Superfosfato duplo	28% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O e mínimo de 16% em água e mínimo de 25% solúvel em água	1) Reação de fosfato natural moído com mistura de ácido sulfúrico e fosfórico. 2) Tratamento de superfosfato simples com metafosfato de cálcio.	18 a 20% de cálcio (Ca) 6 a 8% de enxofre (S)
Superfosfato triplo	41% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA +H ₂ O e mínimo de 16% em água e mínimo de 37% solúvel em água.	Reação de ácido fosfórico com fosfato natural moído.	12 a 14% de cálcio (Ca)
Fosfato Monopotássico	51% de P ₂ O ₅ 33% de K ₂ O	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em água e K ₂ O solúvel em água .	Reação da rocha fosfática com cloreto de potássio.	
Fosfato Natural Parcialmente Acidulado	20% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado em P ₂ O ₅ total, mínimo de 9% solúvel em citrato neutro de amônio mais água, ou 11% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100, e mínimo de 5% solúvel em água.	Reação de rocha fosfatada cuja granulometria satisfaça as exigências para o fosfato natural moído, com ácido sulfúrico ou fosfórico.	25 a 27% de cálcio (Ca). 0 a 6% de enxofre (S) e 0 a 2% de magnésio (Mg).
Fosfato Natural Parcialmente Acidulado	25% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 18% solúvel em CNA+H ₂ O	Reação de rocha fosfatada com ácido clorídrico.	Contém cálcio (Ca) e Cloro (Cl).
Termofosfato Magnésiano	17% de P ₂ O ₅ 7% de Mg	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 14% em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100	Tratamento térmico do fosfato natural com adição de compostos magnesianos e sílicos.	18 a 20% de cálcio (Ca). Apresenta também características de corretivo de acidez.

(continua)

Anexo 1. Continuação				
Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação

	Mínima			
Termofosfato Magnésiano Grosso	17% de P ₂ O ₅ 7% de Mg 100% passa em peneira ABNT n° 28 (0,84mm)	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 11% em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100	Tratamento termico do fosfato natural com adição de compostos magnésianos sílicos.	18 a 20% de cálcio (Ca). Apresenta também características de corretivo de acidez.
Fosfato Bicálcico	38% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em CNA+H ₂ O	Reação de fosfato natural ou ossos com o ácido fosfórico e posterior precipitação com hidróxido de cálcio.	12 a 14% de cálcio (Ca).
Termo-superfosfato	18% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total; mínimo de 16% de P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100 e mínimo de 5% de P ₂ O ₅ solúvel em água.	Reação seguida de granulação do termofosfato magnésiano, com superfosfato simples e/ou super triplo e ácido sulfúrico.	12 a 15% de cálcio (Ca); 3 a 5% de enxofre (S) 1 a 2% de magnésio (Mg)
Cloreto de Potássio	58% de K ₂ O	Potássio na forma de cloreto determinado como K ₂ O solúvel em água.	A partir de sais brutos de potássio por dissoluções seletivas, flotação ou outros métodos de separação.	45 a 48% de cloro (Cl)
Sulfato de Potássio	48% de K ₂ O	Potássio na forma de sulfato, determinado como K ₂ O solúvel em água.	A partir de vários minerais potássicos.	15 a 17% de enxofre (S) e 0 a 1,2% de magnésio (Mg)
Sulfato de Potássio e Magnésio	18% de K ₂ O 4,5% de Mg	Potássio e magnésio determinados como K ₂ O e Mg após extração aquosa por meio apropriado.	A partir de sais de potássio, com adição de sais magnésio.	22 a 24% de enxofre (S) e 1 a 2,5% de cloro (Cl)

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Nitrato de Potássio	44% de K ₂ O 13% de N	Potássio determinado como K ₂ O solúvel em água. Nitrogênio na forma nítrica.	1) Recuperação do caliche por cristalização das águas de lavagem. 2) Reação do cloreto de potássio com ácido nítrico. 3) A partir do cloreto de potássio e nitrato de sódio por dissoluções seletivas.	
Hidróxido de Potássio	71% de K ₂ O	Potássio na forma de hidróxido (KOH), determinado como K ₂ O solúvel em água.	Pela eletrólise de solução saturada de cloreto de potássio com posterior purificação.	
Citrato de Potássio	42% de K ₂ O	Potássio na forma de citrato (C ₆ H ₅ O ₇ K ₃ H ₂ O), determinado como K ₂ O solúvel em água.	Através da reação do ácido cítrico com o hidróxido de potássio ou carbono de potássio.	
Sulfato de Cálcio	16% de Ca 13% de S	Cálcio e enxofre determinados na forma elementar	1) Produto resultante da fabricação do ácido fosfórico. 2) Beneficiamento de gipsita.	Apresenta também características de corretivo de alcalinidade e de neutralização do alumínio
Cloreto de Cálcio	24% de Ca	Cálcio solúvel em água na forma de CaCl ₂ .2H ₂ O.		
Sulfato de Magnésio	9% de Mg	Magnésio solúvel em água (MgSO ₄ .7H ₂ O).		12 a 14% de enxofre (S)
Kieserita	16% de Mg	Magnésio solúvel em água (MgSO ₄ .H ₂ O).	Beneficiamento de "hartsalz" composto de silvinita (KCl), halita (NaCl) e Kieserita.	21 a 27% de enxofre (S)

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Óxido de Magnésio (Magnésai)	55% de Mg	Magnésio total com óxido (MgO)	Calcinação da magnesita.	
Carbonato de Magnésio (Magnesita)	27% de Mg	Magnésio total como carbonato (MgCO ₃)	Beneficiamento de mineral.	
Nitrato de Magnésio	8% de Mg	Magnésio solúvel em água na forma de Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	A partir da reação de MgO com ácido nítrico.	11% de N
Cloreto de Magnésio	10% de Mg	Magnésio solúvel na forma de MgCl ₂ .6H ₂ O.	A partir da reação de MgO com ácido clorídrico.	29% de Cl
Enxofre	95% de S	Determinado como enxofre total.	Extração de depósitos naturais de enxofre. A partir da pirita, subproduto de gás natural, gases de refinaria e fundições, do carvão. Pode ser obtido também do sulfato de cálcio ou anidrita.	
Silicatos de: Cobre Manganês Ferro Zinco Molibdênio Cobalto Boro	1% de Cu 2% de Mn 2% de Fe 3% de Zn 0,1% de Mo 0,1% de Co 1% de B	Cobre total Manganês total Ferro total Zinco total Molibdênio total Cobalto total Boro total	Fusão da sílica com fonte de diversos micronutrientes.	Deve conter no mínimo 2 micronutrientes. São conhecidos também como fritas.
Borax	11% de B	Boro na forma borato de sódio (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O) ou (Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O)		
Ácido Bórico	17% de B	Boro na forma de ácido (H ₃ BO ₃).		

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Pentaborato de Sódio	18% de B	Boro na forma de borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ou ($\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}$)		
Ulexita	8% de B	Boro na forma de borato de sódio ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$).		12 a 14% de cálcio (Ca).
Colemanita	10% de B	Boro total na forma de borato de cálcio ($\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).		
Boro Orgânico	8% de B	Boro na forma de éster ou amida.	A partir da reação de ácido bórico ou boratos com alcoois ou aminas naturais ou sintéticas.	
Cloreto de Sódio	60% de Cl	Cloro total		
Cloreto de Níquel	25% de Cl	Cloro solúvel em água na forma de $\text{NiCl}_2\text{H}_2\text{O}$.	A partir da reação do Ni com ácido clorídrico.	21% de Ni
Sulfato de Cobre	13% de Cu	Cobre solúvel em água na forma de sulfato.		16 a 18% de enxofre (S).
Fosfato Cúprico Amoniacal	32% de Cu	Cobre na forma de amônio fosfato de cobre ($\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)		34 a 36% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água e 5 a 7% de nitrogênio total.

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
--------------	----------	-----------------	----------	------------

	Mínima			
Quelatos de: Cobre Ferro Manganês Zinco	5% de Cu 5% de Fe 5% de Mn 7% de Zn	Cu, Fe, Zn, Mn, ligados ao EDTA, HEDTA; poliflavonóides, lignossulfonatos		Cada quelato deverá conter apenas um micronutriente.
Cloreto cúprico	16% de Cu	Cobre solúvel em água na forma de cloreto (CuCl ₂).		50 a 52% de cloro (Cl).
Óxido cúprico	75% de Cu	Cobre total na forma de óxido (CuO)		
Óxido cuproso	89% de Cu	Cobre na forma de óxido (Cu ₂ O).		
Nitrato de Cobre	22% de Cu	Cobre solúvel em água na forma de Cu(NO ₃) ₂ .3H ₂ O.	A partir da rea- ção de CuO com ácido nítrico.	9% de N
Carbonato de Cobre	48% de Cu	Cobre na forma de CuCO ₃ .Cu(OH) ₂ .	A partir da reação de CuSO ₄ .5H ₂ O com carbonato de sódio	
Fosfato Ferroso Amoniacal	29% de Fe	Ferro solúvel em água na forma de Fe(NH ₄)PO ₄ .H ₂ O.		36 a 38% de P ₂ O ₅ total de 5 a 7% de nitrogênio total.
Polifosfato de Ferro e Amônio	22% de Fe	Ferro total na forma de Fe(NH ₄)HP ₂ O ₇ .		55 a 59% de P ₂ O ₅ total de 4 a 5% de nitrogênio total.
Sulfato Férrico	23% de Fe	Ferro total na forma de Fe ₂ (SO ₄) ₃ .4H ₂ O.		18 a 20% de enxofre (S)
Sulfato Ferroso	19% de Fe	Ferro total na forma de Fe SO ₄ .7H ₂ O.		10 a 11% de enxofre (S).
Nitrato Férrico	11% de Fe	Ferro solúvel em água na forma de Fe(NO ₃) ₃ .9H ₂ O.	A partir da reação de Fe com ácido nítrico.	8% de N
Cloreto Férrico	15% de Fé	Ferro solúvel em água na forma de FeCl ₃ .6H ₂ O.	A partir da reação de Fe com ácido clorídrico.	30% de Cl

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Cloreto Ferroso	23% de Fe	Ferro solúvel em água na forma de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	A partir da reação de Fe com ácido clorídrico.	30% de Cl
Carbonato de Ferro	41% de Fe	Ferro na forma de FeCO_3 .	A partir da reação de FeCl_2 com carbonato de sódio.	
Sulfato Manganoso	26% de Mn	Manganês solúvel em água na forma de $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$		14 a 15% de enxofre (S).
Óxido Manganoso	41% de Mn	Manganês total na forma de óxido (MnO).		
Nitrato de Manganês	16% de Mn	Manganês solúvel em água na forma de $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	A partir da reação de MnO com ácido nítrico.	8% de N
Cloreto de Manganês	35% de Mn	Manganês solúvel em água na forma de MnCl_2 .	A partir da reação de MnO_2 com ácido clorídrico.	45% de Cl
Carbonato de Manganês	40% de Mn	Manganês na forma de MnCO_3 .	A partir da reação de MnSO_4 com carbonato de sódio.	
Molibdato de Amônio	54% de Mo	Molibdênio solúvel em água na forma $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.		5 a 7% de nitrogênio (N) natural
Trióxido de Molibdênio	66% de Mo	Molibdênio total na forma de óxido (MoO_3).		
Minério Concentrado de Molibdênio	60% de Mo	Concentrado de trióxido de molibdênio tratado pelo calor.		
Molibdato de Sódio	39% de Mo	Molibdênio solúvel em água na forma de $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.		

(continua)

Anexo 1. Continuação

Fertilizante	Garantia	Características	Obtenção	Observação
---------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-------------------

	Mínima			
Carbonato de Zinco	52% de Zn	Zinco total na forma de carbonato ($ZnCO_3$).		
Óxido de Zinco	50% de Zn	Zinco total na forma de óxido (ZnO).		
Sulfato de Zinco	20% de Zn	Zinco solúvel em água na forma de sulfato ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).		16 a 18% de enxofre (S)
Nitrato de Zinco	18% de Zn	Zinco solúvel em água na forma de $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.	A partir da reação de ZnO com ácido nítrico.	8% de N
Cloreto de Zinco	40% de Zn	Zinco solúvel em água na forma de $ZnCl_2$.	A partir da reação de ZnO com ácido clorídrico.	44% de Cl
Cloreto de Cobalto	34% de Co	Cobalto solúvel em água na forma de $CoCl_2 \cdot 2H_2O$.		
Óxido de Cobalto	75% de Co	Cobalto total na forma de óxido (CoO).		
Nitrato de Cobalto	17% de Co	Cobalto solúvel em água na forma de $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.	A partir da reação de $CoCO_3$ com ácido nítrico	8% de N
Fosfato de Cobalto	41% de Co	Cobalto na forma de $Co_3(PO_4)_2$.	A partir da reação de $CoCl_2$ com fosfato de amônio $(NH_4)_2HPO_4$.	32% de P_2O_5
Sulfato de Cobalto	18% de Co	Cobalto solúvel em água na forma de $CoSO_4 \cdot 7H_2O$.	A partir da reação de $CoCO_3$ com ácido sulfúrico.	9% de S
Carbonato de Cobalto	42% de Co	Cobalto na forma de $CoCO_3$.	A partir da reação de $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ com carbonato de sódio.	
Quelato de Cobalto	2% de Co	Cobalto solúvel em água.	Cobalto ligado ao EDTA, DPTA, EDDHA, HEEDTA, EDDHMA, EDDCHA, poliflavonóides, lignosulfonatos, glucomatos e citratos.	

Anexo 2. Fertilizantes orgânicos e organo-minerais

Produtos Processados de	Umidade % máx.	Materia Orgânica % mín.	pH mín.	C/N Máx.	N % mín.	P₂O₅ % mín.	K₂O % mín.	Soma NPK % mín.
Esterco Bovino	25	36	6	20/1	1	-	-	-
Esterco de Galinha	25	50	6	20/1	1,5	-	-	-
Bagaço de Cana	25	36	6	20/1	1	-	-	-
Palha de Arroz	25	36	6	20/1	1	-	-	-
Palha de Café	25	46	6	20/1	1,3	-	-	-
Borra de Café	25	60	6	20/1	1,8	-	-	-
Torta de Algodão	15	70	-	-	5	-	-	-
Torta de Amendoim	15	70	-	-	5	-	-	-
Torta de Mamona	15	70	-	-	5	-	-	-
Torta de Soja	15	70	-	-	5	-	-	-
Farinha de Osso	15	6	-	-	1,5	20(total) dos quais 80% sol. em ác.cítr. 2%	-	-
Farinha de Peixe	15	50	-	-	4	6 (total)	-	-
Farinha de Sangue	10	70	-	-	10	-	-	-
Turfa e Linhita	25	30	6	18/1	1	-	-	-
“Composto”	40	40	6	18/1	1	-	-	-
Organo Mineral	20	15	6	-	-	-	-	6
Fosfatado Organo- Mineral	12	15	7	-	1	9 (total) e 3 em ác.cítr. 2%	4	-

Composição, Impressão e Acabamento

Editora Gráfica Nagy Ltda
Rua do Oratório, 630 – Mooca
03116-010 – São Paulo – SP
Tel: (11) 6605-9302 – 6605-3023
Fax: (11) 6605-3544