

# Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo

*Bernardo van Raij  
Heitor Cantarella  
José Antônio Quaggio  
Ângela Maria Cangiani Furlani*

## 1. INTRODUÇÃO

Nesta Segunda Edição do Boletim Técnico Nº 100, a base de análise de solo para calagem e macronutrientes continua sendo a mesma da Primeira Edição. As determinações básicas são a matéria orgânica, o pH em cloreto de cálcio, o fósforo extraído do solo com resina trocadora de íons, os teores trocáveis de cálcio, magnésio e potássio e a acidez total a pH 7. Os valores calculados são a soma de bases, a capacidade de troca de cátions e a saturação por bases. A recomendação de calagem passou a ser feita visando a elevação da saturação por bases dos solos a valores variáveis por culturas.

O uso da análise de solo é ampliado nesta publicação, incluindo-se as determinações de enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, para amostras da camada arável do solo, e argila e alumínio trocável para amostras do subsolo. Além disso, passa a ser usada a análise foliar para muitas culturas, incluindo todos os macronutrientes e os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Todos os resultados de análises de solo e de plantas apresentam-se no Sistema Internacional de Unidades. No caso de corretivos e fertilizantes isso ainda não é possível e as recomendações são dadas nos moldes antigos. Apenas nos capítulos mais gerais avança-se um pouco em indicar conteúdos e cálculos para corretivos e fertilizantes com base no Sistema Internacional de Unidades.

A produtividade esperada é introduzida como um importante critério nas recomendações de adubação. Para o nitrogênio ainda não se usa a análise de solo, mas a previsão de respostas esperadas ao nutriente é feita para diversas culturas anuais, com base no histórico de uso anterior da gleba; para algumas culturas perenes, a resposta a nitrogênio é inferida pelo teor foliar. Para muitas culturas, a diagnose foliar é incluída como instrumento complementar de avaliação do estado nutricional.

Ampliaram-se as culturas contempladas, com a inclusão de diversas de responsabilidade do Instituto Agrônomo que ficaram fora da primeira edição. Além disso, desta vez são apresentadas as recomendações de adubação para pastagens e forrageiras e para essências florestais. Também a hidroponia recebeu atenção nesta publicação.

Os 12 primeiros capítulos tratam de aspectos gerais, relacionados às análises de solos e plantas; os outros capítulos cuidam de recomendações específicas para culturas, agrupadas em diversas categorias.

## **2. AMOSTRAGEM DE SOLO**

A amostragem de solo é a primeira etapa em um bom programa de adubação e calagem. Nunca é demais lembrar que, por melhor que seja a análise química, ela não pode corrigir falhas na retirada da amostra ou na sua representatividade.

Detalhes sobre amostragem de solo, tais como definição de glebas, retirada de amostras compostas, ferramentas utilizadas, local e profundidade de amostragem e outros, são apresentados em impressos distribuídos pelos laboratórios. Contudo, alguns aspectos específicos são lembrados aqui, visando a maior uniformidade no procedimento.

### ***2.1 Escolha das glebas para amostragem***

Dividir a propriedade em glebas homogêneas, nunca superiores a 20 hectares, amostrando cada área isoladamente. Separar as glebas com a mesma posição topográfica (solos de morro, meia encosta, baixada, etc.), cor do solo, textura (argilosos, arenosos), cultura ou vegetação anterior (pastagem, café, milho, etc.) e adubação e calagem anteriores. Em culturas perenes, levar em conta, também, a variedade e a idade das plantas. Áreas com uma mesma cultura, mas com produtividade diferente, devem ser amostradas separadamente. Identificar essas glebas de maneira definitiva, fazendo um mapa para o acompanhamento da fertilidade do solo com o passar dos anos. Se a propriedade for muito grande, não serão possível amostrá-la completamente, é preferível amostrar apenas algumas glebas, não muito extensas, representando situações diferentes.

### ***2.2 Ferramentas e coleta de amostras***

A coleta de amostras pode ser feita com enxadão, pá reta ou, preferivelmente, com trado. O trado - tipo holandês, tubo ou de caneco - torna a operação mais fácil e rápida. Além disso, permite a retirada das amostras na profundidade correta e das mesmas quantidades de terra de todos os pontos amostrados.

Todas as ferramentas, bem como recipientes, utilizados na amostragem e embalagem da terra, devem estar limpos e, principalmente, não conter resíduos de calcário ou fertilizantes. Para amostras nas quais se pretende analisar micronutrientes, usar trado de aço e evitar baldes de metal galvanizado.

De cada gleba devem ser retiradas diversas subamostras para se obter uma média da área amostrada. Para isso, percorrer a área escolhida em ziguezague e coletar 20 subamostras por gleba homogênea. Em culturas perenes, tais como café, citros, seringueira etc., a amostragem deve ser feita em toda a faixa de solo adubada, que reflete melhor os tratamentos aplicados nos anos anteriores.

Em cada ponto afastar, com o pé, detritos e restos de culturas. Evitar pontos próximos a cupinzeiros, formigueiros, casas, estradas, currais, estrume de animais, depósitos de adubo ou calcário ou manchas no solo. Introduzir o trado no solo até a profundidade de 20 cm. A terra coletada representa uma porção de solo na profundidade de 0-20 cm. Raspar a terra lateral do trado, no caso de trado tipo holandês, aproveitando apenas a porção central.

É possível, também, amostrar adequadamente o solo com um enxadão ou pá reta. Os cuidados e números de subamostras são os mesmos descritos para o trado. Após a limpeza superficial do terreno, fazer um buraco em forma de cunha, na profundidade de 0-20 cm, deixando uma das paredes o mais reta possível. Cortar, com o enxadão, uma fatia de cima até embaixo e transferir para o balde. Para evitar encher demasiadamente o balde, dificultando a mistura das amostras, cada fatia coletada pode ser destorroada dentro do próprio buraco, retirando-se uma porção dessa terra para o balde. É importante coletar uma mesma porção de terra em cada um dos pontos amostrados.

Transferir a terra de cada subamostra para um balde ou outro recipiente limpo. Repetir a amostragem do mesmo modo em cada um dos 20 pontos. Quebrar os torrões de terra dentro do balde, retirar pedras, gravetos ou outros resíduos, e misturar muito bem. Se a amostra estiver muito úmida, deixar a amostra secar ao ar.

Retirar cerca de 300 g de terra do balde e transferir para uma caixinha de papelão apropriada para análise de solo ou saco plástico limpo. Essa porção de terra será enviada ao laboratório. Jogar fora o resto da terra do balde e recomeçar a amostragem em outra área.

Identificar a amostra de solo com o nome do proprietário, propriedade, identificação da gleba amostrada e data. Anotar em um caderno, juntamente com o mapa da propriedade, o número de cada amostra e o local de onde foi retirada. Essas anotações são importantes para identificar o local para posterior aplicação de calcário e fertilizantes. Além disso, facilitam o acompanhamento da evolução da fertilidade do solo de um ano para outro.

### ***2.3 Frequência e época de amostragem***

A análise de solo deve ser repetida em intervalos que podem variar de um a vários anos, dependendo da intensidade da adubação, do número de culturas de ciclo curto consecutivas ou do estágio de desenvolvimento de culturas perenes. De forma geral, convém amostrar com maior frequência culturas que recebem maiores aplicações de adubos.

As amostras devem ser retiradas vários meses antes do plantio, no caso de culturas temporárias, já que diversas providências dependem do resultado da análise de solo. Também é conveniente retirar amostras antes da aração para permitir a aplicação de calcário antes dessa operação. No caso de culturas perenes, a amostragem deve ser feita, de preferência, no final da estação chuvosa.

## **2.4 Local e profundidade de amostragem**

Nos casos de culturas anuais e de culturas perenes a serem instaladas, retirar as amostras simples que formarão a amostra composta em todo o terreno e na profundidade de 20 cm, a chamada camada arável. Para fins de cálculos em fertilidade do solo, essa camada tem um volume de 2.000.000 dm<sup>3</sup> de terra, para uma área de um hectare.

Para culturas perenes, que recebem aplicações localizadas de adubo, como café e frutíferas, retirar as amostras dos locais onde o adubo é aplicado. Embora nesses casos os adubos não sejam incorporados ao solo, a amostragem é igualmente feita na profundidade de 20 cm, para manter a coerência da interpretação de resultados. A mesma observação vale para cultivo sob plantio direto, recomendando-se, também, a amostragem na profundidade de 0 a 20 cm, até que, eventualmente, a pesquisa indique alternativa melhor.

Amostras compostas podem, também, ser retiradas na profundidade de 20 a 40 cm, principalmente para avaliar a acidez do subsolo, bem como os conteúdos de cálcio, enxofre e potássio. A coleta deve ser feita, de preferência, com trado. Primeiro coletar a amostra de 0-20 cm e em seguida retirar a terra da superfície que caiu dentro do buraco, para depois aprofundar o trado até 40 cm. Antes de transferir a terra para o balde, raspar a terra lateral do trado e retirar também 2 a 3 cm da parte superior. Isso tudo é importante para evitar a contaminação com terra da superfície. Os trados tipo tubo são convenientes para a amostragem profunda, podendo-se utilizar um tubo de menor diâmetro para a de 20-40 cm.

## **2.5 Envio da amostra de solo ao laboratório**

A amostra de solo deve ser acompanhada da Folha de Informações, preenchida com dados referentes a cada uma das glebas amostradas. Cada amostra deve ser identificada, da mesma maneira, na caixinha ou em outra embalagem que a contiver, na Folha de informações e no mapa da propriedade.

As amostras podem ser enviadas pelo correio ou entregues a qualquer um dos laboratórios que utilizam os métodos de análise de solo desenvolvidos no IAC. Esses laboratórios têm seus resultados identificados por uma etiqueta do ano do programa de controle de qualidade do sistema IAC de análise de solo.

Caso haja interesse em recomendação de calagem e adubação, o usuário deve especificar a cultura e o código correspondente, completando, além disso, o solicitado na Folha de Informações para Análise de Solo.

## **3. REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS, FOLHAS, FERTILIZANTES E CORRETIVOS**

A adoção do Sistema Internacional de Unidades (SI), nesta edição, implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

### **3.1 Unidades de representação de resultados**

As bases de representação serão o quilograma (kg) ou o decímetro cúbico ( $\text{dm}^3$ ) para sólidos e o litro (L) para líquidos.

Os conteúdos serão expressos em quantidade de matéria, podendo ser usados mol de carga ( $\text{mol}_c$ ) ou milimol de carga ( $\text{mmol}_c$ ), ou em massa, com as alternativas de grama (g) ou miligrama (mg). O milimol de carga corresponde ao miliequivalente, que não será mais empregado.

A porcentagem não deverá mais ser utilizada para representar teor ou concentração e, assim, dará lugar a uma representação combinando as unidades acima.

### **3.2 Solos**

Os resultados de cátions trocáveis, cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), de acidez total a pH 7 ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), de soma de bases (SB) e de capacidade de troca de cátions (CTC) serão apresentados em  $\text{mmol}/\text{dm}^3$ . Os valores são 10 vezes maiores do que a representação anterior, em  $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$ .

Os resultados de fósforo (P), de enxofre ( $\text{S-SO}_4^{2-}$ ) e dos micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), serão apresentados em  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Na prática, os resultados têm sido apresentados, por muitos laboratórios, em partes por milhão (ppm), mesmo para o caso de medidas volumétricas de solo, o que costuma ser o caso da análise de solo para fins de fertilidade. Assim sendo, essa representação, em ppm, tem sido usada de forma ambígua e, por isso, o seu uso deve ser descontinuado. De qualquer forma os números não mudarão.

Os resultados de matéria orgânica (MO) serão apresentados em  $\text{g}/\text{dm}^3$ , sendo os valores 10 vezes maiores que a representação anterior, em porcentagem (%), que corresponde a  $\text{g}/100 \text{ cm}^3$ , já que a medida de solo no laboratório é volumétrica.

A saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m), serão expressos em porcentagem (%). Note-se que estes são índices calculados e não representações de concentrações ou teores. Nesses casos, é admitido o uso da porcentagem.

### **3.3 Folhas**

A porcentagem (%) deixa de ser usada para macronutrientes e substituída por  $\text{g}/\text{kg}$ , com números 10 vezes maiores.

Também a representação em partes por milhão (ppm) não mais será usada, dando lugar a  $\text{mg}/\text{kg}$ . Neste caso, os números não mudarão.

### **3.4 Corretivos da acidez**

Os teores, tanto das frações granulométricas, como de cálcio e de magnésio, serão apresentados em g/kg.

O poder de neutralização será dado em mol<sub>c</sub>/kg.

Para os corretivos será impossível adotar imediatamente o SI, já que o comércio desses produtos não é feito usando essa representação.

No capítulo de corretivos e fertilizantes, serão apresentadas as duas alternativas e feitas comparações.

### **3.5 Fertilizantes**

No caso dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) os resultados serão apresentados em g/kg, em substituição à porcentagem. Os resultados serão 10 vezes maiores, em se tratando dos elementos.

Para fósforo e potássio há, ainda, o problema das representações em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e em K<sub>2</sub>O, que também não poderão ser abandonadas. Para fertilizantes, será preciso usar a representação do SI juntamente com a indicação tradicional.

Os micronutrientes serão representados em mg/kg, ao invés de ppm. Os números não mudarão.

No caso de adubos fluidos, as representações dos teores de macro e micronutrientes serão feitas, respectivamente, em g/L e em mg/L.

### **3.6 Conversão de unidades**

As representações antigas podem ser convertidas nas novas, considerando as relações indicadas no quadro 3.1.

Nos casos da porcentagem (%) e de partes por milhão (ppm), percebe-se como essas representações não têm significado preciso, podendo ser diferentes, conforme a base de representação. Já no sistema novo, a representação é explícita e não deixa margem a dúvidas.

Também fica claro que o miliequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga (mmol<sub>c</sub>). O fator de conversão 10, mostrado no quadro 3.1, deve-se à mudança da base de representação, de 100 para 1.000, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o miliohm/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

Quadro 3.1. Fatores para conversão de unidades antigas em unidades do Sistema Internacional de Unidades

Unidade Antiga (A)	Unidade Nova (N) (N = A x F)	Fator de Conversão (F)
%	g/kg, g/dm <sup>3</sup> , g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm <sup>3</sup> , mg/L	1
meq/100 cm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	10
meq/100g	mmol <sub>c</sub> /kg	10
meq/L	mmol <sub>c</sub> /L	1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	0,437
K <sub>2</sub> O	K	0,830
CaO	Ca	0,715
MgO	Mg	0,602
mohm/cm	dS/m	1

## 4. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

Além da interpretação da análise de solo para P, K, Mg e calagem, nesta edição estão sendo introduzidas interpretações para respostas a nitrogênio, teores de cálcio, enxofre, micronutrientes e, também, para resultados da análise química de amostras do subsolo. A tabela de interpretação de P foi subdividida para quatro grupos de culturas, de acordo com o grau de exigência a fósforo.

### 4.1 Nitrogênio

Ainda não se tem, para São Paulo, um critério confiável de recomendação da adubação nitrogenada com base na análise de solo. Está-se adotando, para diversas culturas anuais, um critério de classes de resposta esperada que, associado às recomendações por produtividade esperada, deverá resultar em adubações mais coerentes com as necessidades em cada caso. Para algumas culturas perenes, as classes de resposta esperada a nitrogênio são estabelecidas com resultados de teores de N em folhas.

As classes de resposta esperada são assim conceituadas:

**Alta resposta esperada** - Solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de gramíneas ou outras culturas não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos, sujeitos a altas perdas por lixiviação. Culturas perenes com teores baixos de N nas folhas.

**Média resposta esperada** - Solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou plantio anterior esporádico de leguminosas; ou solo em pousio por um ano; ou uso de quantidades moderadas de adubos orgânicos. Culturas perenes com teores médios de N nas folhas.

**Baixa resposta esperada** - Solos em pousio por dois ou mais anos; cultivo após pastagem (exceto solos arenosos); ou solos com cultivo anterior intenso de leguminosas; ou adubação verde com leguminosas ou rotação permanente com leguminosas; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos. Culturas perenes com teores altos de N nas folhas.

#### 4.2 Fósforo e potássio

Os resultados de fósforo e de potássio são divididos em cinco classes de teores. Os limites de classes foram estabelecidos com ensaios de calibração, realizados principalmente para culturas anuais em condições de campo e levando em conta as respostas aos elementos aplicados na adubação, expressos em termos de produção relativa. Assim, a correspondência dos limites de classes de teores com os respectivos limites de produção relativa, são os apresentados no quadro 4.1.

Quadro 4.1. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos

Teor	Produção relativa	K <sup>+</sup> trocável	P resina			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	mmol/dm <sup>3</sup>	mg/dm	mg/dm	mg/dm	mg/dm
Muito baixo	0 - 70	0,0 - 0,7	0 - 2	0 - 5	0 - 6	0 - 10
Baixo	71 - 90	0,8 - 1,5	3 - 5	6 - 12	7 - 15	11 - 25
Médio	91 - 100	1,6 - 3,0	6 - 8	13 - 30	16 - 40	26 - 60
Alto	> 100	3,1 - 6,0	9 - 16	31 - 60	41 - 80	61 - 120
Muito Alto	> 100	> 6,0	> 16	> 60	> 80	> 120

No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Trata-se de uma classificação feita para fins práticos de organizar a adubação fosfatada por grupos de culturas.

Note-se que o limite superior da classe de teores altos é duas vezes maior que o limite superior da classe de teores médios.

No caso do potássio, bem como de outros cátions trocáveis, os diversos extratores usados em laboratórios de análise de solo dão resultados comparáveis, significando que, em geral, não é importante mencionar o método usado na extração. Além disso, para potássio, o teor do nutriente no solo é um índice melhor para avaliar a disponibilidade do que a relação com outros cátions ou a porcentagem da CTC. A relação com a CTC pode, eventualmente, ser usada como um critério auxiliar, mas não em substituição ao critério básico dado no quadro 4. 1.

Já no caso do fósforo, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agrônomo, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o processo de extração com resina de troca de íons é um método que avalia melhor a disponibilidade do nutriente para as culturas. De forma geral, o método da resina apresenta correlações mais estreitas com índices de disponibilidade de fósforo em solos, determinados com plantas, do que outros extratores usuais, permitindo uma diagnose mais apurada do grau de deficiência de P em solos.

### 4.3 Acidez

Os parâmetros relacionados à acidez dos solos, pH em CaCl<sub>2</sub> e saturação por bases, apresentam estreita correlação entre si, para amostras retiradas da camada arável. A interpretação adotada para valores de pH em CaCl<sub>2</sub>, e da saturação por bases, é apresentada no quadro 4.2.

A determinação do pH em uma solução 0,01 mol/L de cloreto de cálcio, permite obter resultados mais consistentes do que a determinação do pH em água. Isto porque, esta última determinação é mais afetada por pequenas quantidades de sais que podem ocorrer nas amostras de solo que chegam ao laboratório, em consequência de adubações, períodos de seca ou da mineralização que acontece em amostras de solo úmidas acondicionadas em sacos plásticos.

Quadro 4.2. Limites de interpretação das determinações relacionadas com a acidez da camada arável do solo.

Acidez	pH em CaCl <sub>2</sub>	Saturação por bases	V (%)
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0 – 25
Alta	4,4 - 5,0	Baixa	26 – 50
Média	5,1 - 5,5	Média	51 – 70
Baixa	5,6 - 6,0	Alta	71 – 90
Muito Baixa	> 6,0	Muito alta	> 90

A tabela de interpretação de parâmetros da acidez, indicada no quadro 4.2, tem o objetivo técnico de servir de base para a organização de informações, como é o caso de acompanhar a evolução da fertilidade do solo. As culturas variam muito e, desse modo, as classes apresentadas podem ter significado diverso para grupos de plantas com características diferenciadas quanto à acidez.

### 4.4 Cálcio, magnésio e enxofre

Para cálcio, magnésio e enxofre são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação apresentada no quadro 4.3.

A interpretação de magnésio é bastante consistente com os dados experimentais disponíveis e as tabelas de interpretação de diferentes instituições. Há bastante polêmica, tanto para o magnésio, como para o potássio sobre a interpretação em termos da porcentagem da CTC, ao invés dos teores, conforme apresentado no quadro 4.3. Também aqui a experimentação agrônômica aponta para o uso dos teores absolutos como o melhor critério. Na prática, se houver magnésio suficiente, não deverá ocorrer deficiência. Porém, se os teores de magnésio forem baixos, a adubação potássica poderá agravar a deficiência.

Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, senão o limite superior o necessário àquelas mais exigentes no nutriente, independentemente da questão da calagem. Nesse caso, embora haja respaldo em resultados experimentais, já que deficiências de cálcio são raras em condições de campo, os limites apresentados são bem mais baixos do que os adotados por várias organizações no Brasil. Uma das grandes dificuldades é isolar a questão da deficiência de cálcio do problema da acidez excessiva, já que solos deficientes em cálcio são, em geral muito ácidos. Nesses casos, a calagem corrige a acidez e supre cálcio em teores mais do que suficientes.

Quadro 4.3. Limites de interpretação de teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  em solos

Teor	$\text{Ca}^{2+}$ trocável	$\text{Mg}^{2+}$ trocável	S- $\text{SO}_4^{2-}$
	mmol/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>
Baixo	0 - 3	0 - 4	0 - 4
Médio	4 - 7	5 - 8	5 - 10
Alto	> 7	> 8	> 10

Um assunto que tem ocasionado polêmica é a necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Há abundante informação na literatura, a qual mostra que as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 0,5 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O enxofre é extraído do solo com solução de  $\text{CaH}_2\text{PO}_4$  0,01 mol/L, que extrai principalmente a forma de sulfato, considerada disponível. A interpretação apresentada no quadro 4.3 refere-se à camada arável. Convém ressaltar que é comum haver acúmulo de sulfato abaixo da camada arável e, assim, uma diagnose mais apurada sobre a disponibilidade de enxofre deve levar em conta, também, os teores da camada de 20-40 cm de profundidade.

#### 4.5 Micronutrientes

A interpretação adotada é apresentada no quadro 4.4.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

A interpretação da análise de solo para micronutrientes pode ser aprimorada pela consideração de diferentes espécies vegetais. Nas tabelas de adubação, a interpretação da análise de solo é incluída para aquelas culturas em que têm sido constatadas deficiências frequentes.

Quadro 4.4. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos

Teor	B água quente	Cu	Fe	Mn	Zn
			DTPA		
mg/dm <sup>3</sup>					
Baixo	0 - 0,20	0 - 0,2	0 - 4	0 - 1,2	0 - 0,5
Médio	0,21 - 0,60	0,3 - 0,8	5 - 12	1,3 - 5,0	0,6 - 1,2
Alto	> 0,6	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

#### 4.6 Matéria orgânica e argila

O teor de matéria orgânica do solo não revelou ser, no Estado de São Paulo, um índice adequado para prever a disponibilidade de nitrogênio em solos e, conseqüentemente, não tem sido usado para essa finalidade.

O teor de matéria orgânica é útil para dar idéia da textura do solo, com valores até de 15 g/dm<sup>3</sup> para solos arenosos, entre 16 e 30 g/dm<sup>3</sup> para solos de textura média e de 31 a 60 g/dm<sup>3</sup> para solos argilosos. Valores muito acima de 60 g/dm<sup>3</sup> indicam acúmulo de matéria orgânica no solo por condições localizadas, em geral por má drenagem ou acidez elevada.

É importante obter determinações dos teores de argila do solo, não somente da camada arável, mas também em profundidade. Os resultados são expressos em g/kg.

#### 4.7 Interpretação de resultados de análise de amostras do subsolo

A análise de amostras retiradas na profundidade de 20-40 cm serve para diagnosticar possíveis condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular, principalmente de culturas menos tolerantes à acidez. Essas condições são dadas por:

$$\text{Ca}^{2+} < 4 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$$

$$\text{Al}^{3+} > 5 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3, \text{ associado com saturação por alumínio (m) } > 40\%.$$

A análise de amostras de subsolos também é útil para avaliar a disponibilidade de enxofre, pois o sulfato tende a acumular no subsolo.

Outra informação importante pode ser obtida com a análise de potássio que, acusando resultados altos, indica lixiviação do nutriente.

*Bernardo van Raij, José Antônio Quaggio,  
Heitor Cantarella e Cleide A. de Abreu*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

## **5. PRODUTIVIDADE ESPERADA**

O conceito de produtividade esperada está senão introduzido para diversas culturas como um dos critérios para alterar níveis de adubação. Há razões objetivas para considerar a produtividade esperada nas adubações: a) culturas mais produtivas requerem maior quantidade de nutrientes; b) com maiores produções, há maior renda, o que permite a aquisição de maiores quantidades de fertilizantes.

É importante entender que a produtividade esperada não é função apenas das doses aplicadas de fertilizantes, dependendo de diversos fatores, tais como solo, potencial genético da planta cultivada, condições climáticas durante o ciclo da cultura e o manejo, incluindo neste o controle de pragas, moléstias e plantas daninhas e o fornecimento ou não de água de irrigação. O solo pode, em parte, ser melhorado com o manejo, fator este sob o controle do produtor, mas também apresentar limitações intrínsecas impossíveis de ser alteradas, como textura, por exemplo.

Portanto, produtividade esperada não deve ser confundida com produtividade desejada.

A definição de uma determinada produtividade esperada deve levar em conta, sempre que houver informações, as colheitas passadas dos últimos anos. Assim, a meta de produtividade esperada deve ser colocada entre a média dos últimos anos e a maior produtividade obtida. Dessa maneira, garante-se o suprimento adequado de nutrientes para produções crescentes. Se as metas de produtividade esperada forem senão atingidas, convém aumentá-las para as colheitas seguintes.

Embora a escolha de uma produtividade esperada seja um difícil exercício de adivinhar o futuro, não há alternativa melhor para adubar em condições de produtividade muito diversa das culturas. É melhor errar um pouco para mais, para não deixar de ganhar em anos bons, lembrando que os aumentos de produção, geralmente, têm valores muitas vezes maiores que o gasto com adubos. Além disso, fósforo e potássio permanecem no solo, no caso de menor utilização em anos de produtividades inferiores às previstas, não ocorrendo perdas desses nutrientes.

O problema maior passa a ser o nitrogênio, que não se acumula no solo em formas minerais, senão sujeito a lixiviação, além de não existir método de análise de solo para o nutriente em nossas condições. Por outro lado, como a aplicação do nitrogênio é feita de forma parcelada, com as maiores doses aplicadas quando o desenvolvimento da cultura já está em estado adiantado, é possível alterar a sua dosagem mesmo após o plantio, nas adubações de cobertura, caso se preveja produtividade esperada menor do que a inicialmente prevista. Para algumas culturas perenes, como café e citros, por exemplo, é possível utilizar um critério mais técnico, que é a análise foliar, mas também vinculado à produtividade esperada.

O histórico das glebas é, conseqüentemente, um fator muito importante para a melhor definição de um programa de adubação. Espera-se que, com o tempo, a previsão de produtividade possa basear-se, de forma crescente, em elementos técnicos cada vez melhores, que incluem modelos agroclimáticos, levantamentos detalhados de solos etc.

## **6. CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

A necessidade de correção da acidez, ou de calagem, será indicada nas tabelas específicas de cada cultura apenas como uma meta de saturação por bases a se atingir. O cálculo da calagem é explicado neste capítulo dentro de duas alternativas, ou seja, com base em representação dos corretivos em porcentagem de óxidos de cálcio e magnésio ou considerando os teores desses elementos em gramas por quilograma, dentro do Sistema Internacional de Unidades. O uso do gesso para a melhoria do ambiente radicular de solos ácidos é também discutido.

### **6.1 Corretivos da acidez**

Os corretivos da acidez do solo mais utilizados no Brasil são as rochas calcárias moídas, chamados simplesmente de "calcários", classificados, de acordo com a concentração de MgO, em calcíticos (menos de 5%), magnesianos (5 a 12%) e dolomíticos (acima de 12%). Também existem os calcários calcinados.

Quanto à granulometria, a legislação exige que pelo menos, 95% do material corretivo passe em peneira de 2 mm (ABNT n.º 10), 70% em peneira de 0,84 mm (ABNT n.º 20) e 50% em peneira de 0,30 mm (ABNT n.º 50).

Do ponto de vista químico, de acordo com a natureza do material, os mínimos exigidos pela legislação são os apresentados no quadro 6.1.

Quadro 6.1. Valores mínimos, do poder de neutralização (PN) e da soma dos teores de cálcio e de magnésio, exigidos pelo Ministério da Agricultura, e valores correspondentes com o uso do Sistema Internacional de Unidades

Material	Poder de neutralização		Soma de cálcio e magnésio	
	Equiv. CaCO <sub>3</sub>	Mol	CaO + MgO	Ca + Mg
	%	mol <sub>c</sub> /kg	%	g/kg
Calcário moído	67	13	38	250
Calcário calcinado agrícola	80	16	43	280
Cal virgem agrícola	125	25	68	450
Cal hidratada agrícola	94	19	50	330
Escória	60	12	30	200
Outros	67	13	38	250

O poder de neutralização (PN), expresso atualmente em porcentagem de "equivalente carbonato de cálcio", representa o teor contido de neutralizantes. Seu valor pode ser determinado no laboratório ou calculado, nos casos em que a totalidade do cálcio e do magnésio esteja na forma de óxidos, hidróxidos ou carbonatos, o que lhes garante o poder neutralizante dos compostos. O cálculo é feito por:

$$PN = CaO(\%) \times 1,79 + MgO(\%) \times 2,48.$$

Como as partículas mais grosseiras dos corretivos da acidez não dissolvem no solo, no período de alguns meses, usa-se uma outra expressão, que deprecia as partículas menos reativas. Trata-se do poder relativo de neutralização total (PRNT), calculado por:

$$PRNT = (PN \times RE)/100.$$

O PRNT representa, assim, o valor do PN multiplicado por RE, que indica a reatividade de partículas de calcário de diferentes tamanhos, em relação ao carbonato de cálcio finamente moído, em um período de três meses. A eficiência relativa é calculada por:

$$RE = 0,2x + 0,6y + z.$$

sendo x a porcentagem do material retido na peneira ABNT n.º 20, y o material retido na peneira ABNT n.º 50 e z o material que passa pela peneira ABNT n.º 50. O material retido na peneira ABNT n.º 10 é considerado como tendo reatividade nula.

O gesso é um material que vem sendo usado para aumentar os teores de cálcio e reduzir a saturação de alumínio em solos ácidos. Trata-se,

basicamente, de sulfato de cálcio e as exigências para comercialização são teores mínimos de 13% de S e 16% de Ca. O gesso tem ação totalmente diferente dos corretivos do quadro 6.1, e por não ter ação direta sobre a acidez, não se aplicam a ele os conceitos discutidos acima.

## 6.2 Cálculo da necessidade de calagem

A quantidade de calcário a aplicar, para elevar a saturação por bases do solo de um valor atual,  $V_1$ , a um valor maior,  $V_2$ , é calculada pela expressão seguinte:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{10 \text{ PRNT}}$$

na qual NC é a necessidade de calagem, dada em t/ha, e CTC é a capacidade de troca de cátions do solo, expressa em  $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ . Os demais símbolos já foram explicados.

Para calcários moídos, quando o PRNT não é determinado, pode-se adotar um valor médio para o PRNT de 67%. Os resultados devem ser arredondados em números inteiros, não se aplicando menos de 1 t/ha, já que é difícil aplicar quantidades menores com os equipamentos disponíveis no mercado.

A escolha dos valores de V a serem atingidos com a calagem ( $V_2$ ) depende da cultura, e estão indicados nas respectivas tabelas. Por exemplo, para o arroz irrigado recomenda-se atingir  $V_2 = 50\%$  e, para alfafa,  $V_2 = 80\%$ . Nesta edição do Boletim 100, houve alteração dos valores preconizados para diversas culturas. A importância do método de cálculo da necessidade de calagem descrito está na consideração das diferenças de tolerância à acidez entre culturas.

Além de corrigir a acidez, a calagem deve garantir teores suficientes de magnésio no solo, admitidos como  $5 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$  para a maioria das culturas e  $9 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$  de  $\text{Mg}^{2+}$  para culturas muito adubadas com potássio. O cálcio é, normalmente, suprido em quantidades suficientes pela calagem, já que os teores necessários são baixos, conforme explicado no capítulo 4.

Dessas considerações resulta que a relação Ca/Mg também não é um fator que precisa ser levado em conta na calagem, desde que seja garantido um teor adequado de Mg. A importância do equilíbrio entre as bases no solo para a produção das culturas tem sido muito discutida, nos últimos anos, no País. Existem recomendações técnicas para se ajustar a relação Ca/Mg para valores entre 3 e 4, sem nenhuma sustentação experimental. Ao contrário, os resultados experimentais sobre este assunto, tanto nacionais como internacionais, têm demonstrado que a relação Ca/Mg tem pouca importância para a produção das culturas dentro de um amplo intervalo de 0,5:1 até 30:1, desde que os teores desses nutrientes no solo não estejam próximos aos limites de deficiência.

Outro aspecto a observar é que o PRNT é uma medida de teor ou conteúdo neutralizante do corretivo e não de sua qualidade, como tem sido por vezes considerado. Assim, o mais aconselhável, na escolha do corretivo, é considerar o custo do produto aplicado.

### **6.3 Incorporação do corretivo**

Os corretivos têm efeito principal sobre a acidez, a curto prazo, restrito a uma distância pequena do local de aplicação. Assim, o benefício máximo, principalmente para a primeira cultura, obtém-se com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a mais profunda incorporação.

Uma regra importante é que a calagem deve ser realizada com a maior antecedência possível ao plantio. Contudo, é preferível aplicar o calcário próximo à sementeira que deixar de fazê-lo.

O corretivo deve ser espalhado da forma mais uniforme possível sobre o terreno e incorporado. Os arados, tanto de disco como de aiveca, proporcionam incorporações mais profundas que as grades aradoras. Melhor uniformidade de incorporação consegue-se com a aplicação do calcário de uma só vez, realizando uma pré-mistura com grade semi-pesada e, a seguir, de preferência com o solo úmido, aração profunda para completar a incorporação. Uma segunda opção, talvez mais apropriada para pequenas e médias propriedades, consiste na aplicação de metade da dose antes da aração e metade antes da gradeação.

Para culturas perenes formadas, a incorporação profunda nem sempre é possível e há algumas particularidades a serem observadas. Assim, para citros, a época de aplicação mais favorável é no início da estação seca (maio a junho) e a incorporação deve ser feita com grade. Para o café, o período mais apropriado é logo após a colheita.

Os problemas mais sérios que vêm ocorrendo com a calagem são a aplicação muito próxima ao plantio ou a incorporação muito rasa. No primeiro caso, a consequência é uma redução do efeito da calagem sobre a produção, pelo pouco tempo para a reação do corretivo com o solo. No segundo, ocorre uma "supercalagem" em uma camada superficial, o que pode agravar deficiências de micronutrientes, e um efeito da calagem em apenas uma camada rasa do solo, o que limita o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, o melhor aproveitamento da água do solo, com reflexos negativos na produtividade.

### **6.4 Redução da acidez do subsolo**

A acidez do subsolo dificulta ou impede, em muitos casos, a penetração de raízes. Os fatores envolvidos são teores baixos de cálcio ou teores elevados de alumínio. Frequentemente, esses dois problemas ocorrem concomitantemente em solos muito ácidos.

Calagens elevadas e adubações frequentes contribuem para reduzir significativamente esses problemas de acidez, promovendo o desenvolvimento profundo das raízes no subsolo, em decorrência da lixiviação de sais através do perfil do solo.

O gesso, um sal solúvel em água, é outro insumo que tem apresentado efeito favorável no desenvolvimento do sistema radicular no subsolo, devido ao aumento dos teores de cálcio, redução da saturação de alumínio e, em alguns casos, redução efetiva da acidez.

As condições em que o gesso pode ter efeito positivo na produção de culturas dependem da acidez ou deficiência de cálcio do subsolo, além do grau de tolerância de cultivares à toxidez de alumínio e à deficiência de cálcio. De maneira geral, em solos com teores de  $\text{Ca}^{2+}$  inferiores a  $4 \text{ mmol/dm}^3$  e/ou com saturação de alumínio acima de 40%, pode-se esperar efeito, desde que os teores de alumínio não sejam muito elevados. As quantidades a aplicar dependem da textura, e podem ser estimadas por:  $\text{NG} = 6 \times \text{argila}$ ; onde, NG é a necessidade de gesso em kg/ha, e o teor de argila é dado em g/kg. O efeito residual do gesso, como o do calcário, perdura por vários anos, em solos que nunca receberam aplicações desse insumo.

### **6.5 Cálculo da necessidade de calagem usando o Sistema Internacional de Unidades**

Para adequar os cálculos dos valores de PN, RE e PRNT ao Sistema Internacional de Unidades, é necessário expressar os teores de cálcio e magnésio e as diferentes frações granulométricas em gramas por quilograma (g/kg). Os cálculos são feitos pelas seguintes expressões:

$$\begin{aligned} \text{PN} &= \text{Ca}/20,0 + \text{Mg}/12,2 \\ \text{PNE} &= \text{PN} \times \text{RE} \\ \text{RE} &= (0,2x + 0,6y + z)/1.000 \end{aligned}$$

Nesse caso, o PN é expresso em mol/kg e os teores de Ca e Mg devem estar em g/kg. O poder de neutralização efetivo, ou PNE, que corresponde ao PRNT, é também expresso em mol/kg do corretivo. A eficiência relativa das partículas é calculada com as frações granulométricas indicadas também em g/kg do corretivo. O cálculo da calagem é feito por:

$$\text{NC} = [2 \text{ CTC } (V_2 - V_1)] / 100 \text{ PNE}$$

Um exemplo comparativo do cálculo da calagem, usando os dois sistemas de unidades, é dado no quadro 6.2. Note-se que na análise de solo já foi decidida a mudança de unidades; assim, não é apresentado o cálculo usando miliequivalentes, que não é mais recomendado. Já no caso de corretivos, não é, ainda, possível, utilizar o Sistema Internacional de Unidades, pois a legislação e o comércio ainda empregam as representações antigas. De qualquer forma, o exemplo mostra que os cálculos pelo Sistema Internacional de Unidades são mais simples.

Quadro 6.2. Exemplo de comparação do cálculo da necessidade de calagem, usando o sistema atual e o Sistema Internacional de Unidades

Parâmetro	Sistema atual	Sistema novo
<b>Corretivo</b>		
Cálcio	CaO = 23%	Ca = 164 g/kg
Magnésio	MgO = 19%	Mg = 115 g/kg
Fração peneira 20	x = 12%	x = 120 g/kg
Fração peneira 50 (y)	y = 35%	y = 350 g/kg
Fração passa peneira 50 (z)	z = 55%	z = 550 g/kg
Poder de neutralização total	PN = 88,9% Equiv. CaCO <sub>3</sub>	PN = 17.63 mmol <sub>c</sub> /kg
Reatividade	RE = 77,2%	RE = 0,772
Poder de neutralização efetivo	PRNT = 68,6% Eq. CaCO <sub>3</sub>	PNE = 13,61 mmol <sub>c</sub> /kg
<b>Solo</b>		
CTC	73 mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	73 mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
V <sub>1</sub>	23%	23%
V <sub>2</sub>	60%	60%
Necessidade de calagem	3,94 t/há	3,97 t/ha

*José Antônio Quaggio e Bernardo van Raij*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

## 7. ADUBAÇÃO FOSFATADA

Nas tabelas de adubação, a recomendação de adubação fosfatada, será feita em termos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, já que esta representação está profundamente arraigada nos meios agrônômicos, no comércio e na legislação. Contudo, sempre que possível, a representação nova, em termos de P, será também indicada para permitir comparações.

### 7.1 Fertilizantes fosfatados

Os principais fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil apresentam-se no quadro 7.1. A caracterização desse material é feita de duas maneiras. No caso dos fosfatos solúveis em água, são indicados os teores de fósforo solúvel em citrato neutro de amônio + água e apenas o teor solúvel em água; para os fosfatos insolúveis em água, indica-se o teor total e o teor solúvel em ácido cítrico a 2% (20 g/L).

As exigências mínimas de teores de fósforo, medidos por cada uma dessas determinações, variam com a natureza do fosfato. Assim, os teores apresentados no quadro 7.1 são a garantia mínima exigida pelo Ministério da Agricultura, o que não impede que a comercialização se dê com garantias superiores.

O quadro 7.1 apresenta os teores de fósforo, na representação usual, em porcentagem (%) de  $P_2O_5$  e em gramas de P por quilograma de produto (g/kg). São também indicados os teores de N e S contidos nos adubos.

A interpretação dos teores de fósforo em adubos fosfatados varia com a sua solubilidade em água. Os chamados fosfatos solúveis - superfosfatos e fosfatos de amônio - têm a maior parte do fósforo solúvel em água, o que significa pronta disponibilidade. Nesses casos há, também, uma fração relativamente pequena de fosfato insolúvel em água, mas solúvel em citrato de amônio, também considerado disponível, embora não imediatamente. Os demais fosfatos mostrados no quadro 7.1 são insolúveis em água.

Além do "fosfato natural", que representa material de origem nacional, de baixa eficiência, o hiperfosfato é um fosfato natural importado, de alta eficiência, chamado também de fosfato natural de alta reatividade. Na adubação fosfatada com esses adubos, os cálculos devem ser feitos considerando apenas os teores totais de fósforo; os teores solúveis em ácido cítrico servem tão somente para caracterizar produtos de diferentes origens. O termofosfato é caracterizado da mesma maneira, mas os teores de fósforo solúvel em ácido cítrico são mais elevados.

Quadro 7.1. Principais fertilizantes fosfatados simples e suas garantias mínimas, de acordo com o Ministério da Agricultura

Fertilizante	Representação Teores de fósforo			Outros nutrientes
		Citrato de amônio + água	Água	
<b>Fosfatos solúveis em água</b>				
Superfosfato simples	$P_2O_5$ , %	18	16	10% de S
	P, g/kg	80	70	100 g/kg de S
Superfosfato triplo	$P_2O_5$ , %	41	37	
	P, g/kg	180	160	
Fosfato diamônico (DAP)	$P_2O_5$ , %	45	38	16% de N
	P, g/kg	200	170	160 g/kg de N
Fosfato monoamônico (MAP)	$P_2O_5$ , %	48	44	9% de N
	P, g/kg	210	190	90 g/kg de N
<b>Fosfatos insolúveis em água</b>				
Fosfato natural	$P_2O_5$ , %	24	4	
	P, g/kg	100	20	
Hiperfosfato em pó	$P_2O_5$ , %	30	12	
	P, g/kg	130	50	
Termofosfato	$P_2O_5$ , %	17	14	7% de Mg
	P, g/kg	70	60	70 g/kg de Mg

Nas adubações, aplica-se maior parte do fósforo através de fórmulas NPK, preparadas com diversas matérias-primas, predominando os fosfatos solúveis em água. No caso das fórmulas, os cálculos de adubação devem levar em conta os teores solúveis em citrato de amônio + água. Existem muitos adubos fosfatados, mas o princípio de caracterização e de uso é similar.

## **7.2 Adubação fosfatada**

Nas recomendações de adubação, as quantidades de fósforo a aplicar dependem dos teores de fósforo no solo, determinados pelo método de extração com resina de troca iônica e para diversas culturas a produtividade esperada é também levada em conta.

O fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade na maioria dos solos nunca ou pouco adubados. Com adubações frequentes, os teores tendem a subir, em razão do efeito residual, mas a quantidade exigida para atingir teores altos na análise de solo é bastante elevada, maior para solos mais argilosos.

Em São Paulo, existem poucas , áreas novas a serem cultivadas e, assim, não se pratica normalmente a chamada adubação corretiva com fósforo, embora ela possa ser vantajosa em culturas de alto retorno, em solos muito deficientes. Prefere-se a adubação localizada, em sulcos ou covas, ou sobre o solo, no caso de culturas perenes, embora essa maneira de aplicar seja menos eficiente.

As recomendações das tabelas de adubação pressupõem fósforo solúvel em citrato neutro de amônio + água. Em solos deficientes, que irão receber quantidades moderadas de fósforo, e também em culturas de crescimento rápido, é importante usar adubos com elevada proporção de fósforo solúvel em água.

Termofosfatos e fosfatos naturais são mais eficientes se usados em forma de pó fino e incorporados em solos ácidos, principalmente os últimos. Mesmo nessas condições, os fosfatos naturais de baixa solubilidade em ácido cítrico, frequentemente produzem efeitos modestos e incertos sobre o desenvolvimento das culturas. Melhores resultados são obtidos com o termofosfato e os fosfatos naturais de alta reatividade.

O fósforo é praticamente imóvel no solo. Assim, sempre que possível, esse nutriente deve ser colocado dentro do solo, em sulcos ou covas, no caso de fosfatos solúveis em água. Para as culturas perenes, deve-se aproveitar a fase de instalação para aplicar o fósforo em profundidade no solo, nas covas ou sulcos. Não se deve aplicar fósforo em cobertura para plantas de ciclo curto, a não ser que o adubo seja coberto por terra, para possibilitar a absorção do nutriente pelas raízes.

*Bernardo van Raij*

Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

## **8. ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO, POTÁSSIO E ENXOFRE**

### **8.1 Nitrogênio**

A recomendação de nitrogênio, nas tabelas de adubação desta publicação, é um dos poucos casos em que a análise do solo não é, praticamente, levada em

conta. São considerados o manejo e o histórico da gleba, a produtividade esperada e, para algumas culturas, o teor de N foliar.

### 8.1.1 Fertilizantes nitrogenados

Os principais fertilizantes nitrogenados comercializados no Brasil são listados no quadro 8.1. O nitrogênio pode estar nas formas amídica (uréia), amoniacal ou nítrica e todas as fontes são solúveis em água. Uma vez no solo, em poucas semanas, a maior parte do N amídico ou amoniacal passa para a forma nítrica, pouco retida no complexo de troca, e sujeita a perdas por lixiviação. Estimativas de caminhamento de nitrato no solo indicam valores de 0,5 mm/mm de chuva para solos argilosos a mais de 3 mm/mm de chuva para solos arenosos.

Para minimizar perdas por lixiviação, os adubos nitrogenados são parcelados de modo que as plantas os recebam nos períodos em que o N possa ser prontamente absorvido. Para as culturas perenes, o N é aplicado em 3 a 5 vezes no período das chuvas. Nas culturas anuais, o N é parcelado em duas ou três vezes, sendo uma pequena parte no plantio, dependendo do ciclo da cultura, dose recomendada e tipo de solo. A maior parte do N, cerca de 2/3, é aplicada em uma ou duas vezes, a partir do período em que a planta inicia a fase de ativo crescimento.

Em solos com pH acima de 7, adubos contendo N na forma amoniacal, aplicados na superfície do solo, estão sujeitos a perdas de N por volatilização de amônia. No entanto, solos nessas condições são pouco comuns no Estado de São Paulo. A uréia, porém, quando aplicada na superfície está sujeita a perdas de amônia mesmo em solos ácidos. As perdas a campo são variáveis, mas estima-se que possam chegar a 20% ou mais do N aplicado se as condições favorecerem a volatilização. As perdas são maiores se a uréia for aplicada em solo úmido, seguido de vários dias de sol, quando a evaporação de água é favorecida, ou se a uréia for colocada sobre resíduos de plantas, tais como a palhada formada em plantio direto. A uréia aplicada sobre solo seco não se hidrolisa e, portanto, não perde amônia, até que condições de umidade permitam a hidrólise. Por outro lado, chuva ou irrigação de 10 a 20 mm geralmente são suficientes para levar a uréia para o interior do solo e prevenir as perdas. O enterrio ou cobertura da uréia com 5 cm de solo é normalmente suficiente para controlar as perdas.

Em solos de várzea, que permanecem inundados durante parte ou todo o ciclo da cultura, não se deve empregar adubos com nitrogênio na forma nítrica. As condições redutoras do solo provocam rápida desnitrificação, que resulta na produção de  $N_2$  ou  $N_2O$  que são perdidos por volatilização. Para esses solos, recomenda-se adubos contendo N amoniacal ou amídico.

Quadro 8.1. Principais fertilizantes simples contendo nitrogênio, potássio e enxofre e suas garantias mínimas, de acordo com o Ministério da Agricultura (<sup>1</sup>)

Fertilizante	N	N	K <sub>2</sub> O	K	S	S	Observação
	%	g/kg	%	g/kg	%	g/kg	
Uréia	44	440	-	-	-	-	
Sulfato de amônio	20	200	-	-	22-24	220-240	
Nitrato de amônio	32	320	-	-	-	-	
Nitrocálcio	20	200	-	-	-	-	2-8% de Ca e 1-5% de Mg
DAP	16	160	-	-	-	-	45% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
MAP	9	90	-	-	-	-	48% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Amônia anidra	82	820	-	-	-	-	Gás
Salitre potássico	15	150	14	117	-	-	18% de Na
Nitrato de potássio	13	130	44	367	-	-	
Cloreto de potássio	-	-	58	483	-	-	45-48% de Cl
Sulfato de potássio	-	-	48	400	15-17	150-170	
Sulfato de K e Mg	-	-	18	150	22-24	220-240	4-5% de Mg; 1-2,5% de Cl
Sulfato de Ca (inclui fosfogesso)	-	-	-	-	13	130	16% de Ca
Superfosfato simples	-	-	-	-	10-12	100-120	18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 18-20% de Ca
Enxofre	-	-	-	-	95	950	

(<sup>1</sup>) Portaria 01, de 4-3-83, publicada no D.O.U. de 9-3-83.

A nitrificação de adubos contendo N amoniacal produz H<sup>+</sup>, e provoca a acidificação dos solos. A intensidade de acidificação depende do adubo utilizado (Quadro 8.2). Culturas que recebem altas doses de N localizadas, como o café e os citros, podem ter uma intensa acidificação na zona adubada e necessitar de aplicações mais constantes de calcário.

Quadro 8.2. Equivalentes de acidez(-) ou de alcalinidade(+) dos principais fertilizantes nitrogenados

Fertilizante	Equivalente em kg de CaCO <sub>3</sub>	
	Por kg de N	Por 100 kg do produto
Amônia anidra	-1,80	-148
Uréia	-1,80	-79
Nitrato de amônio	-1,80	-58
Nitrocálcio	0	0
Sulfato de amônio	-5,35	-107
MAP	-5,00	-45
Cloreto de amônio	-5,60	-140
Nitrato de cálcio	+1,35	+19
Nitrato de sódio	+1,80	+27
Nitrato de potássio	+2,00	+26

### 8.1.2 Adubação nitrogenada

Para a maioria das culturas, o nitrogênio é o nutriente absorvido em maiores quantidades, daí sua alta exigência.

Cerca de 95% ou mais do N do solo faz parte da matéria orgânica, que constitui o grande reservatório desse nutriente. No entanto, a capacidade do solo de fornecer N às culturas depende da mineralização do N orgânico, função de fatores climáticos, de difícil previsão. Assim, a análise de solo tem pouca utilidade, até o momento, para ajudar a definir a adubação nitrogenada.

As doses de N recomendadas para as principais culturas neste boletim foram determinadas com base na classe de resposta a N, definida conforme o manejo e histórico da gleba, no rendimento esperado e nos teores foliares. A produtividade esperada é um importante parâmetro para recomendação de adubação com nutrientes como N e K pois, em vista da suas altas concentrações nas plantas, a necessidade da cultura varia muito com o potencial de produtividade. O teor de N nas folhas tem-se revelado um bom critério para ajustar as recomendações de N em plantas perenes, tais como citros, café e manga.

A capacidade do solo para fornecer N e, conseqüentemente, a necessidade de adubação nitrogenada varia conforme o manejo do solo e a cultura anterior. Neste boletim, foram definidas três classes de resposta a N, as quais podem ser ajustadas conforme a cultura a ser adubada:

**1 - Alta resposta esperada:** solos bem corrigidos e com média ou alta disponibilidade de P e K e que tenham sido cultivados com gramíneas como o milho, arroz, trigo, ou culturas não fixadoras de N, como o algodão; áreas irrigadas com alto potencial de produção, sujeitas a maior lixiviação; áreas nos primeiros anos de plantio direto; solos arenosos mais sujeitos a lixiviação ou solos arenosos em regiões quentes, onde a decomposição dos resíduos de cultura é muito rápida;

**2 - Média resposta esperada:** solos muito ácidos e que serão corrigidos com calcário, com produtividade limitada no primeiro ano e onde se espera maior mineralização do N do solo devido à correção do solo; solos com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano;

**3 - Baixa resposta esperada:** solo em pousio por dois ou mais anos, ou após pastagens; cultivo intenso de leguminosas ou plantios de adubo verde precedendo a cultura a ser adubada.

Os critérios para definir classes de resposta não são rígidos e, em algumas situações, pode-se preferir uma classe diferente daquela escolhida pela aplicação das normas acima. Por exemplo, em solos muito arenosos, onde a decomposição da matéria orgânica fresca (pastagens ou adubações verdes incorporadas ao solo) é rápida, a classe de resposta baixa deve ser mudada para classe de média ou alta resposta.

## **8.2 Potássio**

O potássio é, geralmente, o segundo elemento extraído em maior quantidade pelos vegetais. O potássio trocável representa a fração disponível às plantas, embora, em alguns solos, formas não-trocáveis também possam contribuir para o fornecimento a curto prazo deste nutriente.

O potássio presente nos tecidos vegetais não é incorporado à fração orgânica, permanecendo como íon. Assim, quando parte do material vegetal é reciclado após a colheita, o K presente pode voltar rapidamente ao solo, em forma prontamente disponível. Quando o solo é amostrado com vegetação exuberante, o resultado da análise pode subestimar o teor de K disponível, pois uma parte substancial deste nutriente pode estar na biomassa vegetal. Isso pode ter alguma importância, principalmente em, solos pobres.

### **8.2.1 Fertilizantes potássicos**

Os fertilizantes potássicos mais comuns são listados no quadro 8.1. Nas formas de cloreto, sulfatos ou nitratos, são todos solúveis em água e prontamente disponíveis às plantas. As concentrações do nutriente nos fertilizantes são indicadas em % de  $K_2O$ , como na atual legislação, e também em g/kg de K.

O cloreto de potássio é a fonte mais barata e mais utilizada. Devido ao alto teor de cloro, não é recomendado seu uso em altas doses em culturas sensíveis ao excesso desse elemento, tais como o fumo. No entanto, esta restrição não se aplica à maioria das espécies.

### **8.2.2 Adubação potássica**

A análise de solo fornece informações seguras para se avaliar a disponibilidade de potássio às culturas e é o principal parâmetro utilizado para definir a recomendação das doses de fertilizantes potássicos nas tabelas desta publicação. Outro parâmetro importante é a produtividade esperada, que reflete a extração do nutriente pela cultura e a remoção pelas colheitas.

As tabelas de recomendação geralmente prevêm a aplicação dos fertilizantes potássicos no sulco de plantio, embora esta também possa ser feita a lanço, antes do plantio. Em solos pobres, a aplicação no sulco é mais vantajosa pois, com doses menores, é possível garantir maior quantidade de nutrientes próximo do sistema radicular. Em solos com teores altos, a influência do modo de aplicação é menor.

A aplicação de altas doses de potássio no sulco de plantio deve ser evitada devido ao efeito salino e, em alguns casos, para diminuir perdas por lixiviação. O excesso de sais próximo às sementes e plântulas pode provocar-lhes a morte e reduzir o "stand", prejudicando a produção. Além disso, em solos arenosos, há o risco de perdas por lixiviação, pois a quantidade de colóides do solo na zona de aplicação do adubo pode não ser suficiente para reter grandes doses do nutriente. Assim, para culturas anuais, recomenda-se não exceder 60 kg/ha de  $K_2O$  no sulco de plantio. O restante deve ser aplicado em cobertura no início da fase de maior

desenvolvimento das plantas, lembrando que aplicações tardias ou em solos muito argilosos, podem não ser eficientes. Para doses maiores que 100 kg/ha de  $K_2O$ , a aplicação a lanço, com incorporação antes do plantio, também é uma alternativa.

### **8.3 Enxofre**

A maior parte do S do solo está na forma orgânica e necessita passar por processo de mineralização para se tornar disponível às plantas. A forma inorgânica predominante em solos bem drenados é a do sulfato, cuja determinação é bastante utilizada para avaliar a disponibilidade desse nutriente. Em muitos solos, o sulfato é mais retido nas camadas subsuperficiais com reação ácida, devido à presença de cargas positivas e menores teores de ânions como o fosfato, que competem por esses sítios de adsorção. Assim, a amostragem do solo para análise de sulfato deve também ser feita na camada de 20 a 40 cm, quando a profundidade do sistema radicular assim o justificar.

#### **8.3.1 Fertilizantes contendo enxofre**

Os principais fertilizantes minerais contendo enxofre são apresentados no quadro 8.1. Em quase todas as fontes, o S está na forma de sulfato, prontamente disponível, mesmo na forma de sulfato de cálcio, de solubilidade relativamente baixa, presente no gesso e no superfosfato simples. Este nutriente faz parte de importantes fontes de nitrogênio, como o sulfato de amônio, e de fósforo, como o superfosfato simples, de modo que, muitas vezes, as necessidades de S podem ser satisfeitas pela adubação com N e P. Essa estratégia é quase sempre a mais econômica, uma vez que as necessidades de S para as culturas são, geralmente, pequenas.

A gessagem, realizada com o propósito de minimizar problemas de acidez e falta de cálcio em subsuperfície (vide capítulo 6), geralmente fornece S além das necessidades das culturas e, por isso, pode resolver o problema de suprimento de S como nutriente por vários anos.

O enxofre elementar ( $S^0$ ), ou flor de enxofre, com 95 g/kg de S, é também uma fonte eficiente deste nutriente para as plantas, embora de solubilidade bastante baixa. A disponibilidade do S dessa fonte depende da oxidação a sulfato, cuja velocidade é função da granulometria: quanto mais fina, mais rápida é a oxidação. No entanto, o forte poder acidificante do enxofre elementar deve ser levado em consideração (32 kg de S necessitam de 100 kg de  $CaCO_3$  puro para neutralizar a acidez produzida).

#### **8.3.2 Adubação com enxofre**

A extração de enxofre pelas culturas corresponde geralmente a 10 a 15% da de nitrogênio. No entanto, o uso de fórmulas concentradas, pobres em enxofre, por longos períodos de tempo, pode colaborar para o empobrecimento do solo e provocar deficiência desse nutriente. Por isso, recomenda-se que a aplicação de enxofre não seja negligenciada nos programas de adubação.

Nas tabelas desta publicação, geralmente a recomendação da dose de S não está amarrada à análise do solo, pois poucos laboratórios fazem a determinação desse nutriente em solo. No entanto, os resultados da análise de S-sulfato têm sido usados com relativo sucesso para prever a disponibilidade desse nutriente às plantas.

*Heitor Cantarella*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

## **9. ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES**

As deficiências de micronutrientes em culturas representam uma preocupação crescente, já que elas vêm-se acentuando, podendo acarretar sérios prejuízos na produtividade. O cultivo em solos de baixa fertilidade, a calagem e o aumento da produtividade, são fatores que têm favorecido o aumento das deficiências de micronutrientes. A análise de solo para micronutrientes, introduzida nesta publicação, deverá ser importante instrumento para orientar a adubação, principalmente se for usada em conjunto com informações específicas sobre as espécies ou variedades cultivadas.

### **9.1 Fertilizantes contendo micronutrientes**

Sais e óxidos inorgânicos, silicatos fundidos e quelatos - são usados como fontes de micronutrientes, isoladamente ou incorporados em formulações com macronutrientes.

O quadro 9.1 apresenta os principais produtos comercializados no Brasil, com os teores mínimos exigidos pelo Ministério da Agricultura. Na prática, podem ser encontrados produtos com teores bem mais elevados. A solubilidade ou não em água é um dos importantes atributos utilizados para orientar o modo de aplicação.

Os principais fertilizantes são os sais inorgânicos solúveis dos elementos. Também são utilizados óxidos, insolúveis em água. Os chamados silicatos, conhecidos como "fritas", são obtidos por fusão de silicatos com os micronutrientes. Eles são comercializados com grande diversidade de nutrientes, no mínimo dois, e com os teores mínimos apresentados no quadro 9.1. Os quelatos são produtos solúveis que mantêm os metais neles contidos fortemente complexados, em muitos casos protegendo os elementos de reações que poderiam reduzir sua disponibilidade no solo.

Tem havido uma tendência crescente de incorporação dos micronutrientes em formulações NPK, principalmente por causa da dificuldade de aplicação das pequenas quantidades normalmente necessárias nas adubações.

Quadro 9.1. Principais fontes de micronutrientes utilizados no Brasil e garantias mínimas exigidas pelo Ministério da Agricultura

Nutriente	Fertilizante	Garantia mínima (conc. do elemento)		Solubilidade em água
		%	g/kg	
Boro	Bórax	11	110	Solúvel
	Acido bórico	17	170	Solúvel
	Silicato	1	10	Insolúvel
Cobre	Sulfato	13	130	Solúvel
	Óxido cúprico (CuO)	75	750	Insolúvel
	Silicato	2	20	Insolúvel
	Quelato	5	50	Solúvel
Ferro	Sulfato ferroso	19	190	Solúvel
	Sulfato férrico	23	230	Solúvel
	Quelato	5	50	Solúvel
Manganês	Sulfato manganoso	26	260	Solúvel
	Óxido manganoso	41	410	Insolúvel
	Silicato	2	20	Insolúvel
	Quelato	5	50	Solúvel
Molibdênio	Molibdato de sódio	39	390	Solúvel
	Molibdato de amônio	54	540	Solúvel
	Silicato	0,1	1	Insolúvel
Zinco	Sulfato de zinco	20	200	Solúvel
	Óxido	50	500	Insolúvel
	Silicato	3	30	Insolúvel
	Quelato	7	70	Solúvel

## 9.2 Adubação com micronutrientes

Existem grandes diferenças de comportamento de espécies vegetais e até mesmo de variedades dentro das mesmas espécies, na suscetibilidade a deficiências de micronutrientes. Assim, nas tabelas de adubação das culturas, a análise de solo para micronutrientes é considerada naqueles casos em que ocorreram deficiências, em São Paulo, principalmente para zinco e boro e, em poucos casos, para cobre e manganês. Ainda não está sendo feita análise de solos para molibdênio.

As recomendações de adubação de micronutrientes, quando indicadas nas tabelas de adubação das culturas, são para aplicações localizadas, no sulco ou em covas, ou mesmo na superfície do solo, para culturas perenes, exceto naqueles casos em que é prescrita a aplicação foliar.

Em aplicações localizadas, as formas solúveis em água são mais prontamente disponíveis, principalmente para culturas de crescimento rápido. As fontes insolúveis são favorecidas pelo maior contato com o solo, propiciado por incorporação em área total ou com a terra de sulcos ou covas.

Dos micronutrientes, apenas o cloro e o boro apresentam mobilidade acentuada no solo, entretanto, não existe registro de ocorrência de deficiências de cloro nas condições de São Paulo. Já o boro, pela sua mobilidade, pode ser aplicado em adubação de cobertura, até em culturas anuais.

Os micronutrientes, com exceção do ferro, apresentam efeito residual das adubações que podem estender-se por vários anos, dependendo das quantidades aplicadas. Assim, a análise de solo pode ser usada para acompanhar as variações sendo, em geral, bastante fácil atingir valores altos. Essa é uma informação especialmente importante, no caso de culturas intensivas que recebem várias aplicações por ano, possibilitando, com o monitoramento pela análise de solo, evitar acúmulos que podem tornar-se tóxicos, o que é mais provável de ocorrer para boro.

O molibdênio pode ser aplicado, de maneira muito eficiente, junto com as sementes. Isso é possível pelas baixas quantidades do nutriente exigidas pelas plantas, o que não ocorre com os demais micronutrientes.

A aplicação foliar pode ser utilizada para os micronutrientes, com solução de sais inorgânicos solúveis em água. Nos casos em que isso é recomendado, as concentrações preconizadas são dadas nas tabelas de adubação. Para diversas culturas perenes, a pulverização foliar com micronutrientes é uma rotina, aproveitando-se a aplicação de pesticidas. Para as hortaliças, a prática é também bastante comum, mas para culturas anuais extensivas, a adubação foliar de micronutrientes em geral só se justifica em situações de emergência. Em todas as situações, quando houver deficiência de zinco e manganês é recomendável a aplicação ao solo, de preferência no plantio.

*Cleide Aparecida de Abreu  
e Bernardo van Raij*

Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – IAC

## **10. ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Há um interesse crescente na utilização de adubos orgânicos, pelo seu reconhecido efeito benéfico na produtividade das culturas. Neste capítulo, são dadas informações, não só sobre adubos orgânicos mais tradicionais, mas também sobre o uso de resíduos diversos na agricultura, considerando que sua aplicação ao solo é, muitas vezes, uma maneira conveniente de reciclagem desses materiais orgânicos.

### **10.1 Adubos orgânicos**

O principal efeito da adubação orgânica é a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. Embora os adubos orgânicos mais utilizados possuam nutrientes em teores geralmente baixos e desbalanceados, necessitando de

suplementação com fertilizantes minerais para a maioria das culturas, as aplicações carregam nutrientes que devem ser considerados nas adubações.

Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem uma liberação mais lenta que a dos adubos minerais, dependente da mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que muitas vezes favorece um melhor aproveitamento.

Uma composição típica de vários adubos orgânicos, usados para melhorar a fertilidade do solo, é apresentada no quadro 10.1.

Algumas características importantes das principais práticas utilizadas no manejo da matéria orgânica do solo, com respeito à adição e à liberação de nutrientes às plantas são consideradas a seguir.

## **10.2 Estercos de origem animal**

São os mais importantes adubos orgânicos, merecendo assim uma atenção à parte.

Embora os esterco possuam praticamente todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, as quantidades normalmente aplicadas não são suficientes para suprir as necessidades das culturas. Os esterco são considerados, em geral, como fontes de nitrogênio, seu constituinte mais importante, mas outros nutrientes não podem ser desprezados, tais como fósforo e potássio, além de cobre e zinco nos esterco de galinha e de porco.

O nitrogênio dos esterco e de outros materiais orgânicos pode ser manejado mediante as denominadas "séries de decaimento", que expressam a porcentagem de mineralização do N que ocorre a cada ano após a aplicação do resíduo. Como exemplo, um adubo orgânico com uma série de decaimento de 0,30; 0,10; 0,05 indica que, para o primeiro ano, 30% do seu conteúdo total em N estará mineralizado, 10% do total restante no segundo ano e 5% do restante do N não mineralizado no primeiro e segundo anos estará disponível no terceiro e assim sucessivamente. O quadro 10.2 apresenta as séries de decaimento para alguns adubos orgânicos e os totais de N a serem adicionados pelos adubos para manter uma quantidade fixa de 100 kg/ha de N mineralizado por ano. Com relação ao P e ao K, pode-se assumir que 70% do P e praticamente todo o K estarão disponíveis no primeiro ano de aplicação.

Quadro 10.1. Composição típica de vários materiais orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial (sem secar)

Materiais orgânicos	C/N	Umidade	g/kg				
			C	N	P	K	Ca
Esterco bovino fresco	20	620	100	5	2,6	6	2
Esterco bovino curtido	21	340	320	15	12	21	20
Esterco de galinha	10	550	140	14	8	7	23
Esterco de porco	9	780	60	7	2	5	12
Composto de lixo	27	410	160	6	2	3	11
Lodo de esgoto	11	500	170	16	8	2	16
Vinhaça in natura	17	950	10	0,6	0,1	3	1
Torta de filtro	27	770	80	3	2	0,6	5
Torta de mamona	10	90	450	45	7	11	18
Mucuna	20	870	60	3	0,6	3	2
Crotalária júncea	25	860	70	2,8	0,4	3	2
Milho	46	880	60	1,3	0,2	3	0,5
Aguapé	20	940	20	1	0,1	1	1

  

Materiais orgânicos	g/kg		mg/kg				
	Mg	S	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb
Esterco bovino fresco	1	1	33	6	0	2	2
Esterco bovino curtido	6	2	217	25	0	2	1
Esterco de galinha	5	2	138	14	2	2	17
Esterco de porco	3	-	242	264	0	2	3
Composto de lixo	1	2	255	107	2	25	111
Lodo de esgoto	6	2	900	435	11	362	360
Vinhaça in natura	0,4	0,5	3	5	-	-	-
Torta de filtro	0,8	3	20	13	-	-	-
Torta de mamona	5	-	128	73	-	-	-
Mucuna	0,4	-	6	3	-	-	-
Crotalária júncea	0,4	-	2	1	-	-	-
Milho	0,2	0,2	3	1	-	-	-
Aguapé	0,2	0,2	3	2	0	1	2

Os valores não são absolutos, servindo apenas para uma avaliação de ordem de grandeza. Para converter as quantidades dos elementos de tabela para quantidades no material seco (base seca), usar a relação: concentração no resíduo seco em g/kg ou mg/kg = concentração no material sem secar em g/kg ou mg/kg x 1.000 / (1.000 - umidade em g/kg). Para converter g/kg em %, dividir o valor do quadro por 10.

A mistura de adubos fosfatados com esterco, além de aumentar a disponibilidade de fósforo, ajuda a reter amônia, reduzindo as perdas de nitrogênio. Para seu uso prático, é importante curtir os esterco, para evitar danos às plantas.

As quantidades normalmente aplicadas, variam de 10 a 100 t/ha de esterco bovino e pelo menos 4 vezes menos de esterco de galinha. As quantidades dependem da cultura e do grau de pureza do esterco.

Quadro 10.2. Quantidade total de N necessária para manter uma taxa de mineralização de 100 kg N/ha por ano durante um período de 15 anos para três tipos de material orgânico<sup>(1)</sup>

Material orgânico série de decaimento	Tempo em anos						
	1	2	3	4	5	10	15
	N, kg/ha por ano						
Esterco de galinha 0,90; 0,10; 0,05	111	110	109	109	108	106	105
Esterco de curral seco, 1,0% N 0,20; 0,10; 0,05	500	300	290	244	218	138	112
Lodo de esgoto líquido, 2,5% N 0,35; 0,10; 0,05	286	232	218	203	189	145	122

<sup>(1)</sup> Informação da Universidade da Califórnia, Riverside, EUA.

### 10.3 Compostos

Qualquer material vegetal pode ser utilizado para a produção de composto. O uso de esterco de animais ou de terra retirada da camada superficial do solo, ricos em microrganismos, ou de corretivos e adubos como calcário, uréia e os superfosfatos, aceleram a decomposição dos restos vegetais e enriquecem o produto final. Condições adequadas de aeração, umidade (60%) e de temperatura também auxiliam a ação dos microrganismos na estabilização do composto.

Compostos com relação C/N menor que 25 e relação C/P menor que 200, em geral, liberam a maior parte do N e do P no primeiro ano de aplicação. As dosagens de composto variam de 30 a 50 t/ha, em área total.

### 10.4 Resíduos urbanos e industriais

Enquadram-se nessa classificação o lixo urbano, o lodo de esgoto, a vinhaça, a torta de filtro, as borras, os resíduos de laticínios, etc. Em geral, os produtos são desbalanceados quanto aos teores de nutrientes neles contidos, necessitando uma suplementação na adubação, com fontes minerais. Os lodos, geralmente, são pobres em potássio devido ao seu processo de obtenção que perde esse nutriente em solução. Em compensação, podem apresentar teores elevados de fósforo, às vezes superiores ao nitrogênio, e mais de 80% do P pode estar disponível no primeiro ano de aplicação. O composto de lixo urbano tem-se comportado de forma similar ao esterco de curral, obtendo-se um efeito significativo na produção já no primeiro ano com dosagens de 40t/ha.

O composto de lixo urbano e o lodo de esgoto, por apresentarem risco de conter patógenos, compostos orgânicos de difícil decomposição no solo e metais pesados, como o cádmio, o níquel e o crômio, devem ser empregados

preferencialmente em parques e jardins e em culturas que não sejam de consumo direto, como o algodão, a seringueira, a cana de açúcar e os cereais, a fim de que a cadeia alimentar fique protegida de contaminação. Todos os resíduos com teores elevados em metais pesados devem ser de aplicação restrita, a fim de se evitar o acúmulo no solo.

O quadro 10.3 indica os limites adotados por alguns países da Europa e pela Comunidade Econômica Européia para a concentração de metais pesados no composto de lixo urbano e no lodo de esgoto. A legislação dos EUA já restringe as quantidades máximas a serem aplicadas por ano e as acumuladas no solo, no caso do lodo de esgoto conter quantidades elevadas de metais pesados (Quadro 10.4). Assim, a utilização de resíduos urbanos na agricultura deve prever um monitoramento constante, para evitar a contaminação tanto do solo como do aquífero, principalmente quando o material orgânico contiver teores de um ou mais elementos tóxicos próximos aos limites mostrados nos quadros 10.3 e 10.4. No Brasil, ainda não há valores definidos para teores de metais tóxicos ou de quantidades máximas a aplicar para culturas.

A vinhaça é, principalmente, uma fonte de potássio, com disponibilidade similar ao cloreto de potássio, e também contribui com quantidades apreciáveis de N, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn. Sua aplicação aumenta o pH e a atividade biológica do solo. As dosagens recomendadas variam com a fertilidade do solo e o tipo de composição do mosto que deu origem ao resíduo. A torta de filtro libera cerca de 20% de seu conteúdo em N, no primeiro ano de aplicação, e apresenta uma elevada capacidade de retenção de água a baixas tensões. As quantidades aplicadas por hectare estão em torno de 3 a 10 toneladas da torta seca no sulco de plantio e de 30 a 50 t do resíduo seco em área total.

Quadro 10.3. Limites para a concentração de metais pesados no composto de lixo urbano e no lodo de esgoto, adotados por alguns países da Europa para o uso agrícola, com base no material seco (m.s.)

Elemento	Composto de lixo				Lodo de esgoto			
	Áustria	Itália	Holanda	Bélgica		Alemanha	Suécia	C.E.E
				( <sup>1</sup> )	( <sup>2</sup> )			
	mg/kg de m.s.							
Cádmio	6	10	5	5	5	15	15	20
Crômio	300	500	500	150	200	900	1.000	750
Cobre	1.000	600	600	100	500	800	3.000	1.000
Mercúrio	4	10	5	5	5	8	8	16
Níquel	200	200	100	50	100	200	500	300
Chumbo	900	500	500	600	1.000	900	300	750
Zinco	1.500	2.500	2.000	1.000	1.500	2.500	10.000	2.500

(<sup>1</sup>) Culturas alimentícias. (<sup>2</sup>) Culturas ornamentais.

As tortas vegetais, como a torta de mamona indicada no quadro 1, são também adubos orgânicos de grande interesse, embora de disponibilidade limitada no comércio. Outros produtos, como farinha de sangue, farinha de ossos, etc., tem uso muito restrito na adubação.

Quadro 10.4. Quantidades máximas de metais pesados permitidas no lodo de esgoto e taxa máxima de aplicação anual e acumulada no solo agrícola, de acordo com a legislação 40 CFR parte 503, regulamentadora do uso do lodo de esgoto nos EUA, com base na matéria seca, a partir de 1993

Elemento	Quantidade máxima no lodo	Taxa máxima de aplicação anual	Taxa máxima de aplicação acumulada
	mg/kg	kg/ha/ano	kg/ha
Arsênio	75	2,0	41
Cádmio	85	1,9	39
Crômio	3.000	150	3.000
Cobre	4.300	75	1.500
Chumbo	840	15	300
Mercúrio	57	0,85	17
Molibdênio	75	0,90	18
Níquel	420	21	420
Selênio	100	5,0	100
Zinco	7.500	140	2.800

### **10.5 Adubos verdes**

As leguminosas incorporam o nitrogênio do ar atmosférico ao solo através da fixação simbiótica. A produção de massa vegetal chega a conter de 16 a 25 kg/ha de N por tonelada de matéria seca, dos quais uma cultura subsequente pode aproveitar de 10 a 50%. Dependendo das condições edafoclimáticas, a decomposição do material vegetal incorporado pode-se dar rapidamente, com perdas do nitrogênio por lixiviação, anteriores ao período de necessidade máxima da cultura subsequente.

As leguminosas em rotação de culturas incorporam nitrogênio ao sistema, reduzindo as necessidades nas adubações.

### **10.6. Adubos organominerais**

Tais adubos, de acordo com a legislação, precisam conter no mínimo 25% de matéria orgânica total na fórmula. A adição de matéria orgânica humificada à

formulação mineral proporciona várias vantagens à mistura como: diminuir a fixação de P pela fração coloidal do solo; reter cátions, principalmente o K da fórmula; fornecer os macro e micronutrientes contidos na matéria orgânica empregada na formulação e diminuir as perdas de nitrogênio pela lixiviação por apresentar uma solubilidade mais lenta. Além disso, os adubos organominerais, em geral diminuem o índice salino da mistura e apresentam menor empedramento que as formulações minerais quando ensacados. Esses adubos também possuem maior friabilidade, proporcionando distribuição mais uniforme no solo. Constituem-se numa excelente alternativa para a reciclagem de resíduos urbanos na agricultura.

*Ronaldo S. Berton*  
*Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC*

## **11. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PLANTAS E DIAGNOSE FOLIAR**

As plantas têm aproximadamente 5% de nutrientes minerais na matéria seca, mas há grandes diferenças entre espécies e, além disso, as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Assim, é importante conhecer o conteúdo em nutrientes das plantas, principalmente da parte colhida, para poder avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo. Também é importante avaliar se o estado nutricional das plantas é adequado, o que pode ser feito pela diagnose foliar. Esses dois assuntos são tratados neste capítulo.

### **11.1 Composição química das plantas**

Para as principais plantas cultivadas, são apresentadas tabelas com a composição química, para os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, para a planta inteira e a parte colhida, ou apenas para a parte colhida de culturas perenes. Em ambos os casos, os valores referem-se sempre a uma tonelada de produto colhido.

As informações fornecidas nesta publicação permitem confrontar as adubações com as extrações e exportações de nutrientes pelas culturas e preparar balanços nutricionais, que podem ser úteis, juntamente com outras informações, para redirecionar as adubações.

Deve-se lembrar que as quantidades de nutrientes necessárias para as recomendações econômicas de adubação não dependem apenas da reposição do que é exportado pelas colheitas. No desenvolvimento das culturas, quantidades importantes de nutrientes são necessárias à formação da parte vegetativa das plantas e para órgãos que concentram nutrientes, tais como frutos e grãos, raízes e tubérculos, etc. Além disso, há a interação dos nutrientes com o solo, como fixação ou lixiviação, entre outros processos. Resulta, assim, um sistema

complexo, em que a composição química da parte aérea das plantas é apenas um dos componentes.

De qualquer forma, a composição química das plantas pode ser uma indicação útil, desde que não seja usada isoladamente como critério de recomendação de fertilizantes.

## **11.2 Diagnose foliar**

A folha é o órgão da planta na qual as alterações fisiológicas, em razão de distúrbios nutricionais, tornam-se mais evidentes. Por essa razão, quase sempre os diagnósticos nutricionais das plantas são feitos através das folhas, pela técnica que, de forma ampla, denomina-se diagnose foliar.

A diagnose foliar pode ser feita através da observação visual de sintomas de distúrbios nutricionais (diagnose visual) ou através de procedimentos mais sofisticados, envolvendo, por exemplo, a análise química das folhas. A diagnose visual é possível apenas quando os sintomas de deficiência ou excesso se manifestam visualmente. Nesse estágio, muitas vezes é inevitável a perda de produção.

A diagnose foliar, via análise química, permite a avaliação do estado nutricional, isto é, permite identificar o nível de comprometimento da produtividade, em função da situação nutricional, principalmente em casos extremos.

A interpretação correta dos resultados de uma análise depende de muita experimentação para o estabelecimento de índices de calibração que reflitam o estado nutricional das plantas. Na prática, os critérios para isso variam bastante, mas tem havido acúmulo de informações na literatura mundial, em geral reproduzidas de uma publicação para outra, com acréscimo de informações regionais. No caso desta publicação, foram utilizados limites de teores da literatura e do próprio acervo de dados do Instituto Agrônomo.

Geralmente se estabelecem um ou mais níveis críticos ou faixas de concentração que permitem definir se a concentração do nutriente é adequada, deficiente ou excessiva. Neste Boletim Técnico, são apresentadas faixas de teores considerados adequados.

A composição das folhas é afetada por diversos fatores. Para que a interpretação dos resultados não seja prejudicada é essencial a padronização da amostragem. Além disso, contaminações por pulverizações podem prejudicar a interpretação. Para a diagnose de micronutrientes em folhas, não devem ser feitas aplicações foliares no período do ano agrícola que antecede à amostragem de folhas.

Para diversos grupos de culturas, são apresentadas as tabelas de interpretação, visando servir de subsídio para o acompanhamento dos resultados da adubação. Os resultados são usados para a recomendação quantitativa de fertilizantes apenas para nitrogênio em algumas culturas perenes. Nos demais casos, a diagnose foliar é usada para avaliar se as adubações estão sendo adequadas e ela pode ser usada para alterar as rotinas de adubação.

A interpretação correta da análise química das plantas está associada principalmente à amostragem e cuidados no envio do material para o laboratório.

Os procedimentos de amostragem são apresentados para cada cultura. No caso de possíveis distúrbios nutricionais, retirar amostras pareadas, ou seja, uma amostra de plantas afetadas e outra de plantas saudáveis. No caso de plantas ainda não contempladas com recomendações de amostragem e interpretação, seguir as indicações para plantas que mais se assemelham, retirando folhas recém-maduras.

Enviar as amostras em sacos de papel, evitando que o material demore mais de 48 horas entre a coleta e o processamento no laboratório. Se houver necessidade, as folhas podem ser armazenadas em geladeira por algum tempo até completar a amostragem. Esse tempo, entretanto, não pode ser muito longo, para evitar a deterioração do material.

Os limites de interpretação para a diagnose foliar basearam-se nos dados de arquivo da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e em vários livros, destacando-se:

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. **IFA World fertilizer use manual**. Paris, IFA, 1992. 632p.

JONES Jr., J.B.; WOLF, B. & MILLS, H.A. **Plant analysis handbook**. Athens, Micro-Macro, 1991. 213p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, POTAFÓS. 1989. 201 p.

MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J. & GAUTIER, P. **Plant analysis: as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops**. New York, Lavoisier, 1987. 722p.

*Ondino Cleante Bataglia*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

## 12. IMPLEMENTAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

Uma das etapas críticas da adubação é a sua implementação. Ao número muito grande de recomendações derivadas das tabelas de adubação, contrapõem-se a existência de grande diversidade de insumos. Resulta que a conciliação entre as quantidades recomendadas de nutrientes e as efetivamente aplicadas em geral não é fácil. Contudo, considerando que a adubação não precisa ser feita com grande precisão, pode-se chegar a implementações práticas muito mais simples do que se imagina. Sendo discutidos os casos dos adubos simples, das fórmulas NPK e da aplicação de enxofre e de micronutrientes.

### **12.1 Adubos simples**

No caso de adubos simples, a quantidade a aplicar é calculada multiplicando a dose recomendada do nutriente por 100 e dividindo pelo teor do nutriente, em porcentagem, no adubo escolhido.

Como exemplo, considere-se a adubação, em kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, de 20-130-70. Pretende-se utilizar os seguintes fertilizantes: sulfato de amônio (20% de N); superfosfato triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O). As quantidades a aplicar serão as seguintes (arredondando em dezenas):

sulfato de amônio	-	100 kg/ha
superfosfato triplo	-	320 kg/ha
cloreto de potássio	-	120 kg/ha

### **12.2 Fórmulas NPK**

Para utilizar fórmulas NPK, o primeiro passo é estabelecer a relação aproximada de nutrientes e procurar uma fórmula com a mesma relação ou próxima. No exemplo dado acima, a relação 1-6-3 é bastante próxima, sendo representada, como uma opção possível, pela fórmula 5-30-15.

A quantidade necessária é encontrada multiplicando a soma dos nutrientes recomendados por 100 e dividindo pela soma dos nutrientes da fórmula. Para atender a recomendação de 20 kg/ha de N, 130 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70 kg/ha de K<sub>2</sub>O, o cálculo é o seguinte:

$$\begin{aligned} (20 + 130 + 70) \times 100 &= 220 \times 100 \\ (5 + 30 + 15) &= 50 \quad 440 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Para conferir as quantidades de nutrientes que serão aplicadas com 440 kg/ha da fórmula 5-30-15, multiplicar o teor de cada nutriente na fórmula pela quantidade correspondente e dividir por 100. Obtém-se 22 kg/ha de N, 132 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 66 kg/ha de K<sub>2</sub>O, muito próximas das recomendadas.

### **12.3 Adição de enxofre e de micronutrientes**

A adição de enxofre pode ser feita por adubos simples ou fórmulas. Nos dois casos, é necessário conhecer a recomendação de S e o teor do nutriente contido no adubo, e o cálculo é similar ao mostrado para N, P e K. Exemplificando com o caso acima, a adição de 100 kg/ha de sulfato de amônio (22% de S), resulta na aplicação de 22 kg/ha de S.

No caso dos micronutrientes para adição ao solo, as necessidades em adubos simples é também feita por cálculo similar ao mostrado para NPK. Para aplicação em formulações NPK, é preciso calcular o teor aproximado que a

fórmula deve conter dos micronutrientes. Suponha-se que a adubação acima - 440 kg/ha de 5-30-15 - necessite carrear para o solo 1 kg/ha de B e 2 kg/ha de Zn.

Para determinar o teor desses nutrientes, contidos na fórmula, multiplicar a quantidade necessária por 100 e dividir pela quantidade da fórmula que será aplicada. Resulta em 0,23% de B e 0,45% de Zn. Ou seja, a fórmula deve conter em torno de 0,25% de B e 0,5% de Zn.

#### **12.4 Modos e épocas de aplicação**

As tabelas, em geral, indicam épocas e modos de aplicação de corretivos e fertilizantes. O modo de aplicação também é discutido nos capítulos que tratam da correção do solo e dos diferentes nutrientes. Aqui será feita uma discussão resumindo os aspectos mais importantes.

O calcário deve ser incorporado ao solo com a maior antecedência possível ao plantio, para melhor reação do corretivo. É importante um bom contato do calcário com o solo e, para isso, recomenda-se a pré-incorporação com grade e depois a aração profunda ou aplicar metade antes da aração e metade depois, para incorporação com gradagem. A incorporação profunda também é importante. Não é aconselhável a incorporação rasa, com grade, principalmente em solos que estão sendo corrigidos pela primeira vez, pois pode resultar em excesso de calagem próximo à superfície do solo, acarretar deficiências de micronutrientes e limitar o aprofundamento do sistema radicular.

Em culturas perenes formadas ou em sistemas de plantio direto, nos quais não vai ser feita a aração, o calcário deve ser aplicado em área total e, quando possível, em quantidades maiores nas partes adubadas do terreno. Se possível, incorporar levemente com grade, sem danificar as raízes das plantas. É importante lembrar que é preciso incorporar muito bem o calcário na formação de culturas perenes ou no início de sistemas de produção em plantio direto, já que aplicações superficiais atuam lentamente nas camadas mais profundas do solo e um solo mal corrigido no início comprometerá a produtividade por muito tempo.

A adubação, em culturas anuais, é aplicada 5 cm ao lado e abaixo das sementes. Normalmente se aplica pouco nitrogênio, quantidades altas de P e moderadas de K, dependendo da análise de solo. Aplicações elevadas de cloreto de potássio no sulco de plantio podem causar dano às plantas, pelo alto índice salino desse adubo. Cabe ressaltar a importância da aplicação localizada do fósforo, principalmente em solos com teores baixos do nutriente. Nesses casos, a fonte deve ter predominância de fósforo solúvel em água. Fosfatos insolúveis em água são mais eficientes em mistura com o solo e em condições de maior acidez. Embora não se recomende, nas tabelas, a adubação fosfatada corretiva pode ser feita quando se pretender no primeiro ano, alta produtividade em solos muito deficientes em fósforo. Isso não será conseguido apenas com a adubação no sulco de plantio, havendo a necessidade de incorporação prévia de P no solo, em área total.

O nitrogênio de qualquer fonte aplicada ao solo, converte-se rapidamente em nitrato, forma extremamente móvel, sujeita a perdas por lixiviação, em períodos do ano em que o regime hídrico favorece a percolação do excesso de

água. Por essa razão, a adubação nitrogenada é feita normalmente em cobertura após o plantio de culturas anuais, em épocas nas quais as plantas já possuem sistema radicular bem desenvolvido, portanto, em condições de absorver rapidamente as formas minerais do nutriente. Em culturas perenes, a aplicação é parcelada em várias vezes, com mais aplicações em solos de textura mais leve.

Há uma tendência, para algumas culturas, de parte do potássio ser aplicado em cobertura. Esse adubo não se movimenta com facilidade no solo e, assim, a cobertura será mais eficiente se as aplicações forem bastante elevadas e de forma localizada no terreno, ou se a adubação for acompanhada de uma operação que enterre o adubo. Em solos argilosos e deficientes, é preferível fazer a incorporação de potássio antes do plantio. Em plantas perenes, a tendência é aplicar os três nutrientes parceladamente, mas pode-se aplicar o fósforo de uma só vez no início das águas, e também o potássio, mantendo apenas o parcelamento do nitrogênio. Isso resulta em diversas opções que flexibilizam a prática da adubação.

Os micronutrientes como boro, cobre, manganês, molibdênio e zinco podem ser aplicados ao solo, através de diferentes fontes. A aplicação foliar é adequada para corrigir problemas de deficiências durante o ciclo da cultura. O boro pode, também, ser aplicado em cobertura e o molibdênio, juntamente com as sementes.

### **12.5 Fórmulas NPK com o Sistema Internacional de Unidades**

Será mostrado o mesmo exemplo dado em 12.2. Neste caso, não é utilizada a representação de fósforo e potássio em termos de óxidos, empregando-se diretamente os teores dos nutrientes. Assim, usando a representação dos teores dos nutrientes, dentro do novo sistema de unidades, resulta a seguinte recomendação, em termos de kg/ha de N, P e K: 20-57-58.

A fórmula correspondente a 5-30-15, com o Sistema Internacional de Unidades é, então, 50-130-120, arredondando para dezenas e lembrando que os teores dos nutrientes são dados em g/kg.

O cálculo das quantidades é feito como no exemplo acima, com a diferença do fator 1.000 ao invés de 100. Resulta:

$$(20 + 57 + 58) \times 1000 / (50 + 130 + 120) = 135 \times 1000 / 300 = 450 \text{ kg/ha}$$

A diferença de 10 kg/ha deve-se ao arredondamento de números.

As quantidades dos nutrientes, aplicadas com 450 kg/ha da fórmula 50-130-120 são obtidas multiplicando o teor de cada nutriente pela quantidade da fórmula e dividindo por 1.000. Resulta 23 kg/ha de N, 59 kg/ha de P e 59 kg/ha de K. Compare-se com a recomendação, no novo sistema de unidades, de 20-57-58.

A escolha de fórmulas ou mesmo o cálculo das quantidades de adubos simples a aplicar envolvem cálculos simples, porém tediosos. É importante que sejam feitos por computador.

## **12.6 Apresentação de resultados e recomendações**

A figura 12.1 apresenta o formulário básico para resultados de análise de solo, recomendações de calagem e adubação e um balanço nutricional. Este formulário poderá ser personalizado. Como a tendência será o preenchimento por computador, é preciso atenção nos detalhes. Os resultados devem ser dados nas unidades apropriadas.

Para a recomendação de calagem e adubação, é preciso definir a cultura, inclusive código (a ser fornecido pelo laboratório), a faixa de produtividade esperada e, quando for o caso, a classe de resposta esperada a N. As recomendações de adubação poderão ser em kg/ha, g/planta ou g/metro linear.

O balanço nutricional informa os valores de N, P, K e S indicados na adubação, a quantidade prevista de remoção pelas colheitas e a diferença entre esses dois valores, constituindo o balanço.

Em seguida, virão as descrições pertinentes às recomendações, tais como época de aplicação, cuidados etc.

O programa de computador, se utilizado, fará a escolha de adubos, de relação previamente inserida no computador, e calculará as quantidades a usar e até o custo. Será possível, também, deduzir da adubação mineral os nutrientes a serem aplicados em adubação orgânica.

## **13. CEREAIS**

*Heitor Cantarella e Bernardo van Raij*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – IAC  
*Carlos Eduardo de Oliveira Camargo*  
Seção de Cereais - IAC

### **13.1 Informações gerais**

Os cereais têm enorme importância entre as principais culturas alimentares do mundo, sendo responsáveis por mais da metade do consumo de fertilizantes. Caracterizam-se por grande resposta a nitrogênio, que se tornou possível, em parte, graças aos avanços da genética e melhoramento vegetal, aplicados a arroz, trigo e milho. O consumo de potássio pelas plantas é igualmente alto, mas, ao contrário do nitrogênio, grande parte do elemento é devolvido ao solo após as colheitas. Essas características, de altas exigências em nitrogênio e elevada reciclagem de potássio, são favoráveis à rotação com culturas leguminosas, que se beneficiam também das relações C/N contrastantes, baixa em leguminosas e alta em gramíneas, contribuindo para a melhoria da qualidade da matéria orgânica do solo.

Os principais cereais cultivados no Brasil, como o milho, o arroz e o trigo, têm comportamento bem característico frente à acidez do solo, sendo o arroz muito tolerante e o trigo e milho apresentando amplas diferenças varietais, o que permite opções de acordo com a acidez dos solos. O milho e, particularmente, o arroz, são culturas bastante suscetíveis à deficiência de zinco.

### 13.2 Composição química, amostragem de folhas e diagnose foliar

O quadro 13.1 apresenta os teores de N, P, K e S nas culturas e as faixas de produtividades mais comuns no Estado de São Paulo.

Quadro 13.1. Teores dos macronutrientes em cereais, na planta inteira e nos grãos, por tonelada de produto colhido

Cultura	Planta inteira				Parte colhida (grãos)			
	N	P	K	S	N	P	K	S
		kg/t de grãos				kg/t de grãos		
Arroz	22	4	25	2,2	12	3	3	0,7
Aveia	27	4	24	2,3	20	3	7	1,0
Centeio	26	4	25	2,3	22	3	5	1,0
Cevada	25	4	24	2,0	20	3	7	1,0
Milho	28	5	18	2,6	17	4	5	1,2
Sorgo	30	6	23	2,7	17	4	5	1,2
Trigo	29	6	23	2,3	23	5	5	1,0
Triticale	25	4	24	2,1	21	3	6	1,0

Quadro 13.2. Instruções para amostragem de folhas de cereais

Cultura	Descrição da amostragem
Arroz	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Aveia	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Centeio	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Cevada	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Milho	Terço central da folha da base da espiga, na fase de pendramento (50% das plantas pendoadas).
Sorgo	Folha + 4 ou quarta folha com a bainha visível, contada a partir do ápice, no florescimento.
Trigo	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.
Triticale	Folha bandeira, coletada no início do florescimento. Mínimo 50 folhas.

Para o arroz e os cereais de inverno, considera-se o início do florescimento, para fins de coleta de folhas, quando 50% das flores estiverem visíveis.

No quadro 13.2 são descritas as amostragens de folhas para os cereais e o quadro 13.3 indica as faixas de interpretação de teores de macro- e micronutrientes nessas mesmas folhas. Para os cereais de inverno, as recomendações de amostragem foliar não são uniformes: em alguns países a parte aérea é coletada e, em outros, as folhas bandeiras ou as duas imediatamente abaixo destas.

Quadro 13.3. Faixas de teores adequados de macro- e micronutrientes em folhas de cereais

Cultura	Faixas de teores					
	Macronutrientes, g/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Arroz (1)	27-35	1,8-3,0	13-30	2,5-10,0	1,5-5,0	1,4-3,0
Aveia	20-30	2,0-5,0	15-30	2,5- 5,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Centeio	25-35	2,0-5,0	19-23	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-5,0
Cevada	17-30	2,0-5,0	15-30	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Milho	27-35	2,0-4,0	17-35	2,5- 8,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Sorgo	25-35	2,0-4,0	14-25	2,5- 6,0	1,5-5,0	1,5-3,0
Trigo	20-34	2,1-3,3	15-30	2,5-10,0	1,5-4,0	1,5-3,0

  

	Micronutrientes, mg/kg					
	B	Cu	Fe	Mn	MO	Zn
Arroz	4-25	3-25	70-200	70-400	0,1-0,3	10- 50
Aveia	5-20	5-25	40-150	25-100	0,2-0,3	15- 70
Centeio	5-20	5-25	25-200	14-150	0,2-2,0	15- 70
Cevada	5-20	5-25	25-100	20-100	0,1-0,2	15 -70
Milho	10-25	6-20	30-250	20-200	0,1-0,2	15-100
Sorgo	4-20	5-20	65-100	10-190	0,1-0,3	15- 50
Trigo	5-20	5-25	10-300	25-150	0,3-0,5	20- 70

(1) Para o arroz irrigado, o teor de silício na palhada em plantas maduras normalmente está acima de 50 g/kg.

### 13.7. Milho para grãos e silagem

**Espaçamento** - para a produção de grãos: 0,80 a 0,90 m entre linhas com 5 plantas por metro de linha; **para silagem**: 0,90 a 1,00 m entre linhas, com 5 plantas por metro de linha.

**Calagem**: Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 mmol/dm<sup>3</sup>. Em solos com teores de matéria orgânica acima de 50 g/dm<sup>3</sup>, basta elevar a saturação por bases a 50%.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a seguinte tabela:

Produtividade Esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>				K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha (²)			
2- 4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4- 6	20	80	60	40	30	50	50	40	20
6- 8	20	90	70	50	30	50	50	50	30
8-10	30	(¹)	90	60	40	50	50	50	4
10-12	30	(¹)	100	70	50	50	50	50	50

(¹) É improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente de dose de adubo empregada. (²) Para evitar excesso de sais, no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O está parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.

Aplicar 20 kg/ha de S para metas de produtividade até 6 t/ha de grãos e 40 kg/ha de S para produtividades maiores.

Utilizar 4 kg/ha de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferiores a 0,6 mg/dm<sup>3</sup> e 2 kg/ha de Zn quando os teores estiverem entre 0,6 e 1,2 mg/dm<sup>3</sup>.

Os adubos devem ser aplicados no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo, das sementes.

**Adubação mineral de cobertura:** Deve ser aplicada levando em conta a classe de resposta esperada a nitrogênio, o teor de potássio no solo e a produtividade esperada, de acordo com a seguinte tabela:

Produtividade Esperada	Classe de resposta a nitrogênio			K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		
	1. Alta	2. Média	3. Baixa	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0
t/ha	N, kg/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha		
2- 4	40	20	10	0	0	0
4- 6	60	40	20	20	0	0
6- 8	100	70	40	60	20	0
8-10	120	90	50	90(¹)	60	20
10-12	140	110	70	110(¹)	80(¹)	40

(¹) Em solos argilosos, o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente. Assim, principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixos ou baixos (<1,5 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e as doses recomendadas em cobertura, iguais ou superiores a 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg/ha de K<sub>2</sub>O à dose recomendada.

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**Alta resposta esperada:** solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho ou outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média resposta esperada:** solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano; ou uso de quantidades moderadas de adubos orgânicos.

**3. Baixa resposta esperada:** solo em pousio por dois ou mais anos, ou cultivo de milho após pastagem (exceto em solos arenosos); cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do milho; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos.

Aplicar o nitrogênio ao lado das plantas, com 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (25-30 dias após a germinação), em quantidades até de 80 kg/ha e o restante cerca de 15-20 dias depois. Aplicar o potássio juntamente com a primeira cobertura de nitrogênio, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em três ou mais vezes, até o florescimento, e aplicado com a água de irrigação.

As doses de N podem ser reduzidas em condições climáticas desfavoráveis, baixo estande ou em lavouras com grande crescimento vegetativo.

## Milho para silagem

Em razão da colheita de toda a parte aérea da planta, o milho para silagem remove grandes quantidades de nutrientes do terreno (vide quadro 13.1), principalmente de potássio. Assim, as recomendações de potássio para milho silagem são maiores que aquelas adotadas para a produção de grãos. **Para os demais nutrientes, inclusive micronutrientes, as recomendações são as mesmas.**

**Adubação potássica de plantio:** Recomenda-se a aplicação desse nutriente, juntamente com as doses de N e P indicadas para grãos de milho, levando em conta a produtividade esperada e a análise do solo, de acordo com a seguinte tabela:

Produtividade esperada (matéria seca) t/ha	K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
	K <sub>2</sub> O, kg/ha			
4- 8	60	60	40	20
8-12	60	60	60	40
12-16	60	60	60	60
16-20	60	60	60	60

**Adubação potássica de cobertura:** Aplicar, em função da produtividade esperada e da análise do solo, de acordo com a seguinte tabela:

Produtividade esperada (matéria seca) t/ha	K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
	K <sub>2</sub> O, kg/ha			
4- 8	20	0	0	0
8-12	60	20	0	0
12-16	100 <sup>(1)</sup>	60	40	0
16-20	160 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	60	20

<sup>(1)</sup> Em solos argilosos, o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente. Assim, principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixos ou baixos (<1,5 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e as doses recomendadas em cobertura, iguais ou superiores a 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg/ha de K<sub>2</sub>O à dose recomendada.

A aplicação do potássio em cobertura deve ser feita até 30 dias após a germinação, junto com a adubação nitrogenada de cobertura recomendada para a produção de grãos. Aplicações tardias desse nutriente são pouco efetivas.

As produtividades esperadas de matéria seca e matéria fresca da parte aérea, correspondentes à produção de grãos são:

Grãos	Matéria seca da parte aérea	Matéria fresca da parte aérea <sup>(1)</sup>
	t/ha	
2- 4	4- 8	13-26
4- 6	8-12	26-39
6- 8	12-16	39-52
8-10	16-20	52-65

<sup>(1)</sup>Com 31% de matéria seca.

Em solos cultivados seguidamente com milho para a produção de silagem, recomenda-se nova análise do solo após a colheita, a fim de melhor dimensionar a adubação para a cultura subsequente.

*Bernardo van Raij e Heitor Cantarella*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

### 13.8 Milho "safrinha"

O milho "safrinha" é semeado entre os meses de janeiro e abril, sem irrigação, como opção de cultura para o outono-inverno. Nessa época, o potencial de produtividade é menor e há maiores riscos em virtude de pouca disponibilidade de água e baixa temperatura. Assim, recomenda-se o plantio do milho safrinha em solos de boa fertilidade que exigem menores investimentos.

**Espaçamento - para a produção de grãos:** 0,90 m entre linhas, com 3 a 4 plantas por metro de linha.

**Calagem:** recomenda-se fazer o plantio em solos corrigidos ( $V\% \geq 50\%$ ) uma vez que não há tempo para a correção do solo com calcário, o que deve ser feito antes da cultura de verão.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a seguinte tabela:

Produtividade Esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>				K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha			
2-3	30	50	30	10	0	40	30	20	0
3-4	30	60	40	20	10	50	40	30	10
4-6	30	-( <sup>1</sup> )	60	40	30	-( <sup>1</sup> )	50	40	20

(<sup>1</sup>) É pouco provável que esse nível de produtividade seja atingido em solos com teores muito baixos de P e K. Para as doses de K recomendadas não é necessário o parcelamento desse nutriente em cobertura.

A dose de N recomendada para o plantio permite dispensar aplicações de N em cobertura para produtividades até 3 t/ha. Opcionalmente, pode-se reduzir a quantidade de N no plantio e acrescentar a diferença à dose em cobertura, porém, devido ao risco de seca, esse parcelamento pode não ser vantajoso.

**Adubação de cobertura:** Aplicar no estágio de 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (cerca de 30 dias após a germinação), levando em conta a classe de resposta a N e a produtividade esperada:

Produtividade Esperada	Classe de resposta esperada a N	
	Média <sup>(1)</sup>	Baixa <sup>(2)</sup>
t/ha	N, kg/ha	
2-3	0	0
3-4	20	10
4-6	30	20

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

- 1. Média resposta esperada:** milho após outra gramínea no verão, ou em solos arenosos.
- 2. Baixa resposta esperada:** milho após soja ou outra leguminosa no verão.

*Aildson Pereira Duarte*  
 Estação Experimental de Assis - IAC  
*Heitor Cantarella e Bernardo van Raij*  
 Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

### 13.11 Sorgo-granífero, forrageiro e vassoura

**Espaçamento - granífero:** 50 a 70 cm entre linhas, com 10 plantas por metro linear; **forrageiro:** 70 a 90 cm entre linhas, com 12 a 15 plantas por metro (150 a 200 plantas por hectare); **vassoura:** 0,9 a 1,0 m entre linhas, com 10 plantas por metro.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 5 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Em solos com teores de matéria orgânica acima de 50 g/dm<sup>3</sup>, basta elevar a saturação por bases a 50%. Se o sorgo for plantado em fevereiro-março, aplicar o calcário antes de cultura de primavera-verão.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a seguinte tabela:

Meta de produtividade			Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>			
Grãos Matéria verde Vassoura				0-6	7-15	15-40	>40
t/ha			N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha			
2-4	20-30	1-2	10	60	40	30	20
4-6	30-40	2-4	20	80	60	40	20
6-8	40-60	-	30	90	80	50	30

  

Meta de produtividade			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
Grãos Matéria verde Vassoura			0-0,7	0,8-1,5	1,5-3,0	>3,0
t/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha <sup>(1)</sup>			
2-4	20-30	1-2	50	40	20	0
4-6	30-40	2-4	50	50	40	20
6-8	40-60	-	50	50	50	30

<sup>(1)</sup> Para evitar excesso de sais no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O, está parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.

Aplicar 20 kg/ha de S para produtividade esperada até 6 t/ha de grãos ou 40 t/ha de matéria verde e 40 kg/ha de S para produtividade maior.

Empregar 4 kg/ha de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferiores a 0,6 mg/dm<sup>3</sup> e 2 kg/ha de Zn quando os teores estiverem de 0,6 a 1,2 mg/dm<sup>3</sup>.

Os adubos devem ser aplicados no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar nitrogênio e o potássio em cobertura de acordo com a meta de produtividade e a tabela abaixo:

Produtividade esperada			Classe de resposta a N			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		
Grãos Mat. verde Vassoura			1. alta	2. média	3. Baixa	0-0,7	0,8-1,5	>1,5
t/ha			N, kg/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha		
2-4	20-30	1-2	40	20	10	0	0	0
4-6	30-40	2-4	60	40	20	20	0	0
6-8	40-60	-	90	70	40	40	20	0

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de gramíneas ou outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média resposta esperada:** solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano; ou uso de quantidade moderada de adubos orgânicos.

**3. Baixa resposta esperada:** solo em pousio por dois ou mais anos, ou cultivo de sorgo após pastagem (exceto em solos arenosos); cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do sorgo; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos.

Aplicar o nitrogênio ao lado das plantas 30 dias após a germinação. Doses acima de 60 kg/ha de N podem ser parceladas em duas vezes, especialmente em solos arenosos e plantios precoces, aplicando metade cerca de 30 dias após a germinação e metade, 20 dias depois.

Em plantios tardios de sorgo para grãos ou forragem (fevereiro-março), o potencial de produção é reduzido. É conveniente, neste caso, fazer o plantio após soja ou outra leguminosa. Aumentar a dose de N no plantio para 20 kg/ha e, em condições de seca, dispensar a adubação de cobertura.

Aplicar o potássio em cobertura até 30 dias após a germinação, juntamente com a primeira cobertura de nitrogênio. Em plantios tardios, sem irrigação, a aplicação de potássio em cobertura só será eficiente se houver ocorrência de chuvas.

*Heitor Cantarella e Bernardo van Raij*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC  
*Eduardo Sawazaki*  
Seção de Cereais - IAC

## **19. LEGUMINOSAS E OLEAGINOSAS**

*Edmilson J. Ambrosano, Roberto T. Tanaka e Hipólito A.A. Mascarenhas*  
Seção de Leguminosas - IAC  
*Bernardo van Raij, José Antonio Quaggio e Heitor Cantarella*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

### **19.1 Informações gerais**

Este grupo de culturas apresenta duas divisões, mas a soja e o amendoim pertencem a ambas, ou seja, estas plantas são leguminosas e também oleaginosas. As leguminosas caracterizam-se pela fixação simbiótica do nitrogênio. As oleaginosas, como o próprio nome indica, são plantas que

acumulam apreciáveis quantidades de óleo, sendo exploradas por isso, embora a parte protéica também tenha importância.

As leguminosas e oleaginosas pertencem, juntamente com os cereais, às culturas da agricultura extensiva, prestando-se a sistemas de rotação, tanto para fins fitossanitários, como para a melhoria das propriedades físicas do solo. As leguminosas, quando introduzidas nas rotações, aumentam a disponibilidade de nitrogênio para as culturas subseqüentes.

Uma das características relevantes da soja é a sua alta adaptabilidade aos solos de baixa fertilidade, quando devidamente corrigidos, inclusive solos arenosos, o que tem permitido o uso da cultura, desde o primeiro cultivo, na expansão da fronteira agrícola.

## 19.2 Composição química e diagnose foliar

O quadro 19.1 apresenta os conteúdos dos macronutrientes de parte das culturas consideradas neste capítulo. Os dados são apresentados na base de uma tonelada de produto colhido, nos casos em que o interesse é pela colheita de grãos, indicando-se os valores para plantas inteiras e, também, somente para a parte colhida. Para adubos verdes apresenta-se apenas o conteúdo das plantas inteiras.

As instruções para amostragem de folhas são apresentadas no quadro 19.2 e, no quadro 19.3, as faixas de teores de macro- e micronutrientes considerados normais às culturas listadas.

Quadro 19.1. Conteúdo de macronutrientes primários em leguminosas e oleaginosas e faixas de produtividade mais comuns

Cultura	Parte considerada	Planta inteira				Parte colhida				Produtivi. <sup>(1)</sup> t/ha
		N	P	K	S	N	P	K	S	
		kg/t da parte colhida								
Amendoim	Com casca	87	8	48	8	52	5	24	5	1,5-3,0
Crotalária paulínea	Planta inteira	18	2	6	-	*	-	-	-	7-10
Crotalária spectabilis	Planta inteira	18	1	10	-	*	-	-	-	4-6
Chícharo ou ervilhaca	Planta inteira	22	1	29	-	*	-	-	-	4-6
Feijão	Grãos	102	9	94	15	41	4	19	10	0,9-2,5
Feijão-de-porco	Planta inteira	22	1	11	-	*	-	-	-	5-8
Feijão-guandu	Planta inteira	13	1	5	-	*	-	-	-	8-12
Girassol	Grãos	37	11	92	-	19	7	20	-	1,5-2,8
Lablabe	Planta inteira	14	1	5	-	*	-	-	-	5-7
Mucuna-anã	Planta inteira	35	3	16	-	*	-	-	-	4-6
Mucuna-preta	Planta inteira	26	3	6	-	*	-	-	-	6-8
Soja	Grãos	167	16	114	8	60	5	19	2	2,0-3,0
Tremoço	Planta inteira	14	1	24	-	*	-	-	-	1,0-1,5

\* Não se aplica

<sup>(1)</sup> No caso das leguminosas adubos verdes, a produtividade é dada em termos de matéria seca das plantas inteiras. Não é apresentada a produção de grãos para sementes. Nos demais casos, a produtividade é de grãos.

Quadro 19.2. Recomendação de amostragem de folhas de leguminosas e oleaginosas

Cultura	Descrição da amostragem
Amendoim	No florescimento; folhas de 50 plantas, tufo apical do ramo principal.
Feijão	Todas as folhas de 10 plantas, no florescimento.
Girassol	5ª a 6ª folha abaixo do capítulo (cabeça), no florescimento; amostrar 30 plantas.
Soja	No florescimento, 3 <sup>as</sup> folhas com pecíolo de 30 plantas.

Quadro 19.3. Faixas de teores considerados adequados para os macro- e micronutrientes em algumas leguminosas e oleaginosas

Cultura	Faixas de teores adequados na matéria seca das folhas					
	<b>Macronutrientes, g/kg</b>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Amendoim	30-45	2,0-5,0	17-30	12-20	3-8	2,0-3,5
Feijão	30-50	2,5-4,0	20-24	10-25	2,5-5,0	2,0-3,0
Girassol	30-50	3,0-5,0	30-45	8-22	3,0-8,0	1,5-2,0
Soja	40-54	2,5-5,0	17-25	4-20	3-10	2,1-4,0
	<b>Micronutrientes, mg/kg</b>					
	B	Cu	Fe	Mn	MO	Zn
Amendoim	25-60	5-20	50-300	20-350	0,1-5,0	20-60
Feijão	15-26	4-20	40-140	15-100	0,5-1,5	18-50
Girassol	35-100	25-100	80-120	10-20	-	30-80
Soja	21-55	10-30	50-350	20-100	1,0-5,0	20-50

### 19.8 Girassol

**Espaçamento:** 0,50 a 0,90 m entre as linhas, por 0,20 a 0,40 m entre as plantas.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol/dm<sup>3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a seguinte tabela:

		P resina, mg/dm <sup>3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, 5 mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				
Nitrogênio	0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	16-3,0 >3,0		
N, kg/ha		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha				
	10	70	50	30	20	60	50	30	20

Acrescentar 20 kg/ha de S.

Aplicar 1 kg/ha de B para teores de B no solo entre 0 e 0,20 mg/dm<sup>3</sup> e 0,5 kg/ha de B para valores de B no solo entre 0,21 e 0,60 mg/dm<sup>3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Utilizar 40 kg/ha de N, 30 dias após a emergência das plantas.

*José Antonio Quaggio*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC  
*e Maria Regina G. Ungaro*  
Seção de Oleaginosas - IAC

#### **19.10 Leguminosas adubos verdes - Crotalária, chícharo ou ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lablabe, mucuna, tremoço**

**Espaçamento:** Crotalárias - 0,40 a 0,60 m x 25 a 40 sementes por metro linear; feijão-guandu, tremoço e lablabe - 0,50 a 0,60 m x 10 a 15 sementes por metro linear; feijão-de-porco - 0,50 a 0,60 m x 7 sementes por metro linear; mucuna - 0,40 a 0,60 m x 7 a 12 sementes por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

**Inoculação:** Havendo disponibilidade de Rhizobium específico, submeter as sementes à inoculação para a primeira semeadura, na base de 200 g de inoculante turfoso para 50 kg de sementes.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a seguinte tabela:

	P resina, mg/dm <sup>3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		
0-15	16-40	>40		0-1,5	1,6-3,0	>3,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha		
40	20	0		30	20	0

**Observação:**

Os adubos verdes (leguminosas) aproveitam o adubo residual da cultura anterior. Se a saturação por bases estiver próxima a 60% e a cultura anterior tiver recebido adubação, pode-se dispensar a calagem e a adubação mineral.

*Edmilson J. Ambrosano e Elaine B. Wutke*  
Seção de Leguminosas - IAC

**19.12 Soja**

**Espaçamento:** 0,50 m entre as linhas, 16 a 20 sementes por metro linear, dependendo do cultivar.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

**Inoculação:** Submeter as sementes à inoculação com *Bradyrhizobium* específico para soja, de boa qualidade quanto à estirpe, conservação e viabilidade. Em glebas já cultivadas com soja, utilizar 250 g de inoculante por saca de sementes, e o dobro em áreas de primeiro cultivo de soja.

**Adubação mineral de semeadura:** As quantidades a aplicar variam com a análise de solo e a produtividade esperada, de acordo com a seguinte tabela:

Produtividade esperada t/ha	P resina, mg/dm <sup>3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, 5 mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
	0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	16-3,0	>3,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha			
1,5-1,9	50	40	30	20	60	40	20	0
2,0-2,4	60	50	40	20	70	50	30	20
2,5-2,9	80	60	40	20	70	50	50	20
3,0-3,4	90	70	50	30	80	60	50	30
3,5-4,0	*	80	50	40	80	60	60	40

\* Não é possível obter essa produtividade com aplicação localizada de fósforo em solos com teores muito baixos de P.

Empregar 15 kg/ha de S para cada tonelada de produção esperada.

Em solos deficientes em manganês (Mn no solo até 1,5 mg/dm<sup>3</sup>), aplicar 5 kg/ha de Mn.

Nas dosagens de K<sub>2</sub>O acima de 50 kg/ha, utilizar a metade da dose em cobertura, principalmente em solos arenosos, 30 ou 40 dias após a germinação, respectivamente para cultivares de ciclo mais precoce e mais tardio.

#### **Observações:**

**a)** *A má distribuição e/ou a incorporação muito rasa do calcário pode causar ou agravar a deficiência de manganês, resultando em queda de produtividade.*

**b)** *No cultivo de primavera-verão, a inoculação das sementes dispensa a adubação nitrogenada. Entretanto, no cultivo de outono-inverno, devido à baixa atividade simbiótica, recomenda-se, além da inoculação, a aplicação de 50 kg/ha de N, sendo 114 dessa dose com adubação no sulco de semeadura e o restante em cobertura antes do florescimento.*

**c)** *Em solos arenosos ácidos pode ocorrer deficiência de Mo, o que acarreta má fixação biológica de nitrogênio. A deficiência deve ser resolvida pela calagem, que aumenta a disponibilidade do nutriente. Na impossibilidade de aplicar o calcário, empregar 50 g/ha de molibdato de amônio misturado às sementes.*

**d)** *Deficiências de micronutrientes na soja são raras no Estado de São Paulo. Na suspeita de sua ocorrência, realizar análise de solo e foliar e, uma vez constatada a deficiência, pode-se aplicar, com a adubação de semeadura, as seguintes quantidades: 5 kg/ha de Zn, e/ou 2 kg/ha de Cu, e/ou 1 kg/ha de B.*

*Hipólito A. A. Mascarenhas e Roberto Tetsuo Tanaka*  
Seção de Leguminosas - IAC

## **21. RAÍZES E TUBÉRCULOS**

*José Osmar Lorenzi, Domingos A. Monteiro e Hilário da Silva Miranda Filho*  
Seção de Raízes e Tubérculos - IAC

*Bernardo van Raij*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

### **21.1 Informações gerais**

Este grupo de culturas caracteriza-se pela elevada extração de nitrogênio e, principalmente, de potássio, pelas plantas, com elevada exportação pelas partes colhidas, raízes ou tubérculos. Contudo, o excesso de nitrogênio é, em geral, prejudicial, acarretando desenvolvimento vegetativo exagerado, reduzindo assim

as colheitas e a qualidade dos produtos. Além disso, aumenta a predisposição das plantas às doenças.

Sob o ponto de vista econômico, a batata é a cultura mais importante do grupo, e também a mais exigente em adubação. Por essa razão, adota-se para ela a tabela de interpretação de fósforo das hortaliças.

A análise de micronutrientes em solos é incluída na tabela de adubação da batata para boro e na tabela da mandioca para zinco. Isso porque essas culturas apresentam comumente deficiências para esses dois elementos. Para os demais micronutrientes, mesmo quando em teores baixos no solo, essas culturas normalmente não respondem às suas aplicações.

## **21.2 Composição mineral, amostragem de folhas e diagnose foliar**

O quadro 21.1 apresenta a produtividade mais comum para as culturas tratadas neste capítulo, bem como o conteúdo de nutrientes exportados, para aqueles casos com disponibilidade de dados, ou seja, batata, batata-doce e mandioca. Os conteúdos apresentados para as três culturas são bastante próximos. Na falta de dados específicos às demais culturas, os teores indicados podem ser usados para estimativas de exportação de nutrientes pelas colheitas.

Quadro 21.1. Conteúdo de macronutrientes na planta inteira (extração) e nas raízes e tubérculos (exportação), para uma tonelada de produto colhido, e produtividade comumente observada

Cultura	Planta inteira				Raízes e tubérculos				Produtividade
	N	P	K	S	N	P	K	S	
	kg/t de raízes e tubérculos								t/ha
Batata	5	0,5	7	0,3	3	0,3	4	0,1	20-30
Batata-doce	5	0,4	6	-	3	0,3	3	-	20-30
Mandioca	6	0,7	6	-	4	0,4	4	-	15-35

Para a diagnose foliar, também só há informações para essas três culturas. No quadro 21.2 são descritos os procedimentos para amostragem de folhas. No quadro 21.3 são apresentadas as faixas de teores considerados adequados.

Quadro 21.2. Recomendações de amostragem de folhas para batata, batata-doce e mandioca

Cultura	Descrição da amostragem
Batata	Amostrar 30 plantas, aos 30 dias, retirando a 3ª folha a partir do tufo apical.
Batata-doce	Amostrar 15 plantas, aos 60 dias após o plantio, retirando as folhas mais recentes totalmente desenvolvidas.
Mandioca	Amostrar 30 plantas, retirando o limbo (folíolo) das folhas mais jovens totalmente expandidas, 3-4 meses após o plantio.

Quadro 21.3. Faixas de teores adequados de macro- e micronutrientes em folhas de batata, batata-doce e mandioca

Cultura	Faixas de teores considerados adequados					
	<b>Macronutrientes, g/kg</b>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Batata	40-50	2,5-5,0	40-65	10-20	3-5	2,5-5,0
Batata-doce	33-45	2,3-5,0	31-45	7-12	3-12	4-7
Mandioca	45-60	2,0-5,0	10-20	5-15	2-5	3-4
	<b>Micronutrientes, mg/kg</b>					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Batata	25-50	7-20	50-100	30-250	-	20-60
Batata-doce	25-75	10-20	40-100	40-250	-	20-50
Mandioca	15-50	5-25	60-200	25-100	0,11-0,18	35-100

### 21.7 Mandioca

**Espaçamento:** 1,0 a 1,2 m x 0,6 m.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol/dm<sup>3</sup>. Não aplicar mais que 2 t/ha de calcário.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e as quantidades indicadas na tabela seguinte:

Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			Zn DTPA, mg/dm <sup>3</sup>		
	0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	>1,5	<0,6	0,6-1,2	>1,2
N, kg/ha	_____ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha _____				_____ K <sub>2</sub> O, kg/ha _____			_____ Zn, kg/ha _____		
0	80	60	40	20	60	40	20	4	2	0

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar de 0 a 40 kg/ha de N, aos 30 a 60 dias após a brotação; menores aplicações, no caso de plantas muito verdes, em áreas recém desbravadas ou pousio.

**Observação:** A adubação pode ser dispensada se a mandioca for plantada, em rotação, após cultura adubada.

*José Osmar Lorenzi*  
Seção de Raízes e Tubérculos - IAC

## 22. OUTRAS CULTURAS INDUSTRIAIS

*Bernardo van Raij e Heitor Cantarella*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC

### 22.1 Informações gerais

As culturas aqui apresentadas não se enquadram nos grupos anteriormente discutidos. Não há afinidade entre elas que sirva de denominador comum.

A cultura mais importante do grupo é a cana-de-açúcar, que ocupa a maior área cultivada do Estado, proporcionando maior renda e também maior consumo de fertilizantes. Por outro lado, as demais culturas têm pouca importância no Estado de São Paulo, embora o palmito e a seringueira passem por período de expansão.

## 22.2 Composição química e diagnose foliar

Quadro 22.1. Conteúdo de alguns macronutrientes nos produtos colhidos de cana-de-açúcar e produtividade mais comum

Cana-de-açúcar	Produto	Teor de nutrientes				Produtividade
		N	P	K	S	
		_____kg/t_____				t/ha
Cana-de-açúcar	Colmos industriais	0,9	0,2	1,1	0,3	60-120

O quadro 22.2 indica as instruções para amostragem de folhas e o quadro 22.3, as faixas de teores considerados adequados de macro- e micronutrientes.

Os limites de teores foliares considerados adequados são apresentados no quadro 22.3.

Quadro 22.2. Instruções para amostragem de folhas de cana-de-açúcar.

Cana-de-açúcar	Amostrar 30 plantas durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, retirando os 20 cm centrais da folha + 1 (folha mais alta com colarinho visível -"TVD"), excluía a nervura central.
----------------	---

Quadro 22.3. Faixa de teores adequados de macro- e micronutrientes de cana-de-açúcar

Cultura	Faixa de teores foliares de nutrientes considerados adequados					
	<b>Macronutrientes, g/kg</b>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Cana-de-açúcar	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
	<b>Micronutrientes, mg/kg</b>					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Cana-de-açúcar	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50

*No caso da cana-de-açúcar, a diagnose foliar é uma técnica que ainda não se firmou, no Brasil. Dentre os principais fatores que interferem na composição química da folha, destacam-se: variedade, solo, clima e época de amostragem. Assim, os limites apresentados são fornecidos como referência, indicando faixa de teores comuns em canaviais bem supridos de nutrientes. Teores menores que os limites mínimos indicados devem ser tomados como indício de possível deficiência, e não como uma certeza. Além disso, teores acima do limite superior da faixa podem indicar suficiência do nutriente, mas não excesso que prejudique a produtividade.*

### **22.3 Cana-de-açúcar**

**Amostragem de solo:** Antes do plantio da cana-de-açúcar, retirar amostra composta da área total. Em soqueiras, retirar amostras no meio das ruas. Amostrar de 20-40 cm de profundidade para avaliação da acidez.

**Espaçamento:** 1,0 a 1,5 m entre as linhas (12 a 18 gemas/metro linear de sulco).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60%, porém não menos que 1 t/ha e mais do que 5 t/ha do corretivo (PRNT = 100). Aplicar pelo menos 1 t/ha de calcário dolomítico, se o teor de  $Mg^{2+}$  trocável for inferior a 5 mmol/dm<sup>3</sup>.

Controlar a acidez do solo das soqueiras, com amostragem a cada dois anos, aplicando calcário antes dos tratos culturais, quando necessário, para elevar a saturação por bases a 60%.

*Embora a cana-de-açúcar seja uma cultura tolerante à acidez, a aplicação de calcário tem-se revelado econômica, principalmente se forem consideradas as colheitas de vários anos. Assim, a calagem preconizada, para saturação por bases de 60% e aplicação máxima de 5 t/ha (PRNT 100), garante a correção adequada da acidez e o fornecimento de cálcio e magnésio para vários anos de soqueiras, além de evitar dosagens excessivas em solos de CTC alta.*

**Gessagem:** O gesso deve ser aplicado com base na análise da amostra composta de solo retirada de 20-40 cm de profundidade. Sua aplicação se fará quando constatado teor de  $Ca^{2+}$  inferior a 4 mmol/dm<sup>3</sup> e/ou saturação por alumínio acima de 40%. As quantidades a aplicar, de acordo com a textura do solo, podem ser calculadas pela fórmula seguinte:

$$\text{Argila (em g/kg)} \times 6 = \text{kg/ha de gesso a aplicar}$$

*O efeito do gesso no solo dá-se abaixo da camada arável e perdura por vários anos, não havendo necessidade de reaplicação.*

**Uso de resíduos da agroindústria canavieira:** A vinhaça é aplicada em quantidades que podem variar de 60 a 250 m<sup>3</sup>/ha, dependendo da concentração de K<sub>2</sub>O. A quantidade de potássio adicionada pela vinhaça deve ser deduzida integralmente da adubação mineral.

A torta de filtro (úmida) pode ser aplicada em área total (80-100 t/ha), em pré-plantio, no sulco de plantio (15-30 t/ha) ou nas entrelinhas (40-50 t/ha). Metade do fósforo aí contido pode ser deduzido da adubação fosfatada recomendada.

**Adubação verde:** Na reforma do canavial pode-se realizar o plantio de adubo verde. As espécies mais utilizadas são: a crotalaria júncea e a mucuna preta.

**Adubação mineral de plantio:** Na tabela seguinte, são indicadas as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a aplicar, com base na análise de solo e na produtividade esperada:

Produtividade Esperada t/ha	Nitrogênio N, kg/ha	P resina, mg/ dm <sup>3</sup>			
		0-6	7-15	16-40	>40
<100	30	180	100	60	40
100-150	30	180	120	80	60
>150	30	( <sup>1</sup> )	140	100	80

Produtividade Esperada t/ha	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				
	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
<100	100	80	40	40	0
100-150	150	120	80	60	0
>150	200	160	120	80	0

(<sup>1</sup>) Não é provável obter a produtividade dessa classe, com teor muito baixo de P no solo.

Se for constatada deficiência de cobre ou de zinco, de acordo com análise de solo, aplicar os nutrientes com a adubação de plantio, nas quantidades indicadas pela seguinte tabela:

Zinco no solo	Zn	Cobre no solo	Cu
mg/dm <sup>3</sup>	kg/ha	mg/dm <sup>3</sup>	kg/ha
0-0,5	5	0-0,2	4
>0,5	0	>0,2	0

**Adubação mineral de cobertura da cana-planta:** Utilizar 30 a 60 kg/ha de N, de acordo com a meta de produtividade, aplicando 30 a 60 dias após o plantio (março-abril) ou no final do período das chuvas. Em solos arenosos ou de textura média, aplicar apenas 100 kg de K<sub>2</sub>O no plantio, acrescentando o restante em cobertura, juntamente com o nitrogênio.

**Adubação mineral da cana-soca:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada.

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>		K <sup>+</sup> trocável, mmol/ dm <sup>3</sup>		
		0-15	>15	0-1,5	1,5-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha		K <sub>2</sub> O, kg/ha		
<60	60	30	0	90	60	30
60-80	80	30	0	110	80	50
80-100	100	30	0	130	100	70
>100	120	30	0	150	120	90

Aplicar os adubos ao lado das linhas de cana, superficialmente e misturados ao solo, no máximo a 10 cm de profundidade.

**Grupo Paulista de Adubação de Cana-de-Açúcar**  
(em ordem alfabética)

*Ademar Spironello - IAC*  
*Bernardo van Raij (coordenador) - IAC*  
*Claudimir Pedro Penatti - COPERSUCAR*  
*Heitor Cantarella - IAC*  
*Jorge L. Morelli - Grupo Zillo Lorenzetti*  
*José Orlando Filho - CCA - UFSCar*  
*Marcos Guimarães de Andrade Landell - IAC*  
*Raffaella Rossetto - IAC*

## 23. FLORESTAIS

*José Leonardo de Moraes Gonçalves*  
Departamento de Ciências Florestais - ESALQ-USP  
*Bernardo van Raij*  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - IAC  
*Jânio Carlos Gonçalves*  
Divisão de Implantação de Projetos Físico-Botânicos - CESP

### 23.1 Informações gerais

As espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* e as naturais da Mata Atlântica apresentam exigências nutricionais bastante distintas entre si, com grande repercussão sobre as diretrizes a serem adotadas no planejamento das recomendações de adubação, prática fundamental para a produção de mudas de boa qualidade silvicultural e para que as plantações florestais alcancem níveis adequados de crescimento no campo.

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento. As características e quantidades de adubos a aplicar dependerão da fertilidade do solo, das necessidades nutricionais das espécies florestais, da reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica. As recomendações de adubação devem ser, de preferência, definidas em nível regional para as espécies e tipos de solo mais representativos, com base em experimentação de campo. Assim, essas recomendações devem ser consideradas como diretrizes gerais, que poderão ser alteradas de acordo com a experiência regional.

A grande maioria das áreas de florestamento ocupadas com pinus e eucaliptos está sobre solos muito intemperizados e lixiviados, portanto, com baixa disponibilidade de nutrientes para as árvores. Como fator complicante, o atendimento da demanda nutricional é bastante prejudicado pelos altos índices de deficiência hídrica que ocorrem na maior parte das áreas, como as da região dos cerrados, onde estão os maiores blocos de florestamentos com eucaliptos e pinus. Com relação aos macronutrientes, os sintomas visuais de deficiência e as maiores respostas à adubação têm sido observados no campo, com mais frequência, na seguinte ordem:  $P > N \geq K > Ca > Mg$ ; e, para os micronutrientes,  $B \geq Zn$ . Em geral, para solos mais arenosos e deficientes no fornecimento de água, observa-se, mais frequentemente, maiores respostas à adubação.

Contudo, graças às baixas exigências em fertilidade do solo e também ao programa de melhoramento genético desenvolvido no Brasil, em que se procura adaptar as espécies às condições edafoclimáticas de cada região, as florestas de eucaliptos e pinus têm-se mostrado produtivas, mesmo com recomendações de adubação muito aquém daquelas utilizadas para as culturas agrícolas.

A situação das espécies nativas da Mata Atlântica é bem diferente. O reflorestamento de áreas anteriormente ocupadas pela Mata Atlântica tem aumentado dia a dia. Atualmente, a legislação exige que 20% da área das propriedades rurais seja conservada com sua vegetação natural, como uma *reserva legal*, bem como as áreas consideradas como de *preservação permanente*, que compreendem terrenos com mais de 45% de declividade, topos de morros, matas ciliares, nascentes, margens de reservatórios de água, dentre outras, que devem ser mantidas com 100% da vegetação natural. Em razão da degradação ou remoção anterior dessa floresta, faz-se necessário o enriquecimento ou o reflorestamento das áreas.

A maioria das espécies florestais nativas da Mata Atlântica, apresentam média a alta demanda nutricional, exigindo, para seu estabelecimento, pelo menos solos de média fertilidade e com boas condições hídricas, sem longos períodos de estiagem. Dada à grande diversidade das espécies e, conseqüentemente, às exigências nutricionais, fica difícil indicar recomendações de adubação específicas para cada espécie. O problema tem sido contornado mediante recomendações de adubação que assegurem o suprimento de nutrientes às espécies mais exigentes, de forma que as demais espécies também tenham suas demandas nutricionais atendidas.

Na descrição das recomendações serão consideradas, separadamente, as adubações de viveiro e de campo.

### **23.2 Conteúdo de macronutrientes em *Eucalyptus* e *Pinus***

A ciclagem de nutrientes responde pelo atendimento da maior parte da demanda nutricional das árvores, dependendo do estágio de desenvolvimento da floresta. A magnitude dos fluxos de nutrientes via ciclagem aumenta consideravelmente na fase de fechamento de copas, quando as partes inferiores começam a perder suas folhas devido às limitações de luminosidade. Antes da queda das folhas, grande parte dos nutrientes migram para os tecidos mais jovens das árvores. Com a deposição de folhas, galhos e outros resíduos vegetais, forma-se a serapilheira sobre a superfície do solo que, ao se decompor, libera nutrientes para as árvores, os quais são imediatamente aproveitados pelo emaranhado de radículas que se misturam com os componentes da serapilheira. Sob tais condições, quanto mais velho for o povoamento florestal, menor sua dependência da fertilização, pois a ciclagem de nutrientes, por si só, atende grande parte das exigências nutricionais das árvores. Daí porque, esperam-se melhores relações entre a disponibilidade de nutrientes no solo e o crescimento nos estágios iniciais de desenvolvimento das árvores, quando a análise de solo serve de importante ferramenta de diagnose.

É importante avaliar as quantidades de nutrientes exportadas do terreno através da madeira removida, as quais, em geral, são muito maiores para as espécies de *Eucalyptus* relativamente às de *Pinus*, principalmente para os nutrientes K, Ca e Mg. A ordem dos nutrientes mais acumulados é bastante distinta entre esses gêneros. Para o *Eucalyptus* observa-se a ordem  $Ca > N > K > Mg > P$  e para *Pinus*  $N > Ca > K > Mg$  (Quadro 23.1).

A quantidade de nutrientes contidos na casca é muito significativa, particularmente para o eucalipto, que tem o Ca como o nutriente mais acumulado neste componente. Assim, o descascamento da madeira no campo resulta na redução de exportação de nutrientes, com elevada repercussão sobre o potencial produtivo.

Não é apresentada a composição química das essências nativas, que é muito variada.

Quadro 23.1. Conteúdo de macronutrientes nos gêneros *Eucalyptus* (6-10 anos) e *Pinus* (8-24 anos)

Gêneros	Componentes	Biomassa	Quantidade de nutrientes				
			N	P	K	Ca	Mg
		t/ha	kg/t				
<i>Eucalyptus</i>	Madeira	60-250	1,0-2,5	0,15-0,60	0,5-1,5	0,5-1,5	0,2-0,6
	Casca	8-25	3,0-3,5	0,30-1,50	3,0-6,0	3,0-10	1,0-4,0
<i>Pinus</i>	Madeira	70-400	1,0-1,5	0,07-0,12	0,3-0,9	0,1-0,6	0,1-0,2
	Casca	15-65	1,5-3,0	0,15-0,20	0,6-1,2	0,5-1,5	0,1-0,3

### 23.3 Diagnose foliar

O conteúdo dos nutrientes na planta reflete o seu estado nutricional, servindo para o ajuste dos programas de adubação. Deve-se ressaltar, contudo, que as deficiências nutricionais identificadas pela análise de tecido dificilmente podem ser corrigidas em tempo, sem que o crescimento das árvores seja prejudicado.

A composição química dos tecidos é afetada por fatores internos e externos às árvores. Por isso, a amostragem precisa ser bem definida quanto à época, tipo de tecido, posição na árvore e representatividade da população de árvores.

O tecido mais utilizado neste método é o foliar. A época de amostragem deve ser aquela em que haja maior estabilidade dos teores dos nutrientes no interior das árvores. As folhas a serem amostradas devem ser recém-maduras, normalmente o penúltimo ou antepenúltimo lançamento de folhas dos últimos 12 meses. Para as variedades mais responsivas à adubação NPK, recomenda-se a amostragem de uma folha de cada ponto cardinal do terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento de folhas dos galhos. A amostragem deverá ser feita no fim do inverno e contemplar pelo menos 20 árvores de cada gleba. Essas glebas devem ser bem homogêneas quanto ao tipo de solo, topografia, condições climáticas e histórico de manejo anterior. Cada gleba não deve ter mais de 50 ha.

Quadro 23.2. Faixas de teores de macro- e micronutrientes considerados adequados, na matéria seca de folhas de *Eucalyptus* e *Pinus* (plantas adultas)

Gênero	Faixas de teores adequados na matéria seca das folhas					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg					
<i>Eucalyptus</i>	13-18	0,9-1,3	9-13	6-10	3,5-5,0	1,5-2,0
<i>Pinus</i>	11-13	0,8-1,2	6-10	3-5	1,3-2,0	1,3-1,6

  

Gênero	Faixas de teores adequados na matéria seca das folhas					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	mg/kg					
<i>Eucalyptus</i>	30-50	7,0-10,0	150-200	400-600	0,5-1,0	35-50
<i>Pinus</i>	12-25	4,0-7,0	100-200	250-600	-	30-45

O quadro 23.2 indica as faixas de concentração de nutrientes em folhas de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* consideradas adequadas, ou seja, para árvores que apresentam boas taxas de crescimento, não mostrando sintomas de deficiência nutricional. Quanto mais distante dessas faixas forem os teores dos nutrientes, maior o grau de deficiência ou consumo de luxo/toxicidade, respectivamente, para valores inferiores ou superiores aos das faixas.

Não são apresentadas as faixas de concentração de nutrientes das espécies ocorrentes na Mata Atlântica por falta de informações e, também, pela grande diversidade de espécies.

### 23.4 Sistemas de produção de mudas

Atualmente, os recipientes mais utilizados para a produção de mudas de eucaliptos e pinus são os sacos plásticos e os tubetes de polipropileno. Os primeiros, mais antigos, normalmente utilizam como substrato a terra de subsolo, preferencialmente, com teores de argila entre 20 a 35%. Com isso, assegura-se boa permeabilidade e estruturação do substrato no interior do saco plástico e, conseqüentemente, boa drenagem e resistência ao manuseio. O segundo sistema, que se difundiu muito pelo Brasil nos últimos 10 anos, utiliza, predominantemente, substratos orgânicos simples ou misturados.

Os compostos orgânicos mais utilizados são o esterco de curral curtido, húmus de minhoca, cascas de eucalipto e pinus decompostas, bagacilho de cana decomposto, entre outros. Esses substratos são geralmente utilizados como os principais componentes de misturas, que incluem também palha de arroz carbonizada, vermiculita e terra de subsolo arenosa. Os três últimos são utilizados, fundamentalmente, para melhorar as condições de drenagem do substrato.

Algumas composições de substratos que têm dado bons resultados:

a) 80% de composto orgânico ou húmus de minhoca + 20% de casca de arroz carbonizada;

b) 60% de composto orgânico ou húmus de minhoca + 20% de casca de arroz carbonizada + 20% de terra arenosa;

Os métodos, as doses e as épocas de incorporação de adubos nos substratos de cultivo devem ser bastante criteriosos, pois, além de garantir o bom crescimento e qualidade das mudas, a adubação é o principal meio que o viveirista tem para "segurar" ou "adiantar" o crescimento no viveiro. Isso dá maior flexibilidade de tempo para o plantio das mudas no campo, sem perdas significativas da qualidade técnica.

Na fase de viveiro, os adubos mais recomendados, pelas características físicas e químicas e a facilidade de aquisição, são o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, de preferência na forma de pó, de modo a facilitar a homogeneização dos adubos com o substrato de cultivo das mudas.

### **23.5. Viveiro de mudas de Eucalyptus e Pinus**

#### **! Produção de mudas no sistema de sacos plásticos**

A melhor forma de fazer a aplicação de adubos neste sistema consiste no parcelamento das doses recomendadas dos adubos. Cerca de 50% das doses de N e de K<sub>2</sub>O, e 100% das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e micronutrientes são misturados com terra de subsolo, antes do enchimento dos sacos plásticos, comumente denominado adubação de base. O restante dos adubos é aplicado, parceladamente, em cobertura, na forma de soluções ou suspensões aquosas.

Recomenda-se as seguintes dosagens de adubos:

**a) adubação de base:** 150 g de N, 700 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 g de K<sub>2</sub>O e 200 g de "fritas" BR-12 (silicato fundido contendo vários micronutrientes) ou produto equivalente para cada 1 m<sup>3</sup> de terra de subsolo. Com 1 m<sup>3</sup> desse substrato é possível encher cerca de 4.800 saquinhos de 250 g de capacidade, os mais utilizados para produção de mudas de eucalipto e pinus. Normalmente, os teores de Ca e de Mg, em amostras de subsolos, são muito baixos e, por esta razão, recomenda-se, também, a incorporação de 500 g de calcário dolomítico por m<sup>3</sup> de terra.

*É oportuno ressaltar que o uso de calcário visa suprir Ca e Mg e não corrigir a acidez, uma vez que Eucalyptus e Pinus toleram altos níveis de Al e Mn.*

**b) adubação de cobertura:** Aplicar 100 g de N mais 100 g de  $K_2O$ , parcelando em 3 ou 4 aplicações, para 4.800 saquinhos de 250 g de capacidade. Para a aplicação desses nutrientes, recomenda-se dissolver 1 kg de sulfato de amônio e/ou 300 g de cloreto de potássio em 100 litros de água. Com a solução obtida, regar 10.000 saquinhos. Para esta adubação recomenda-se alternar as aplicações de  $K_2O$ , ou seja, em uma utilizar N e  $K_2O$ , na seguinte apenas N, e assim por diante.

As aplicações deverão ser feitas no final da tarde, ou ao amanhecer, seguidas de leves irrigações, apenas para diluir ou remover os resíduos de adubo que ficam depositados sobre as folhas.

Geralmente, as adubações de cobertura devem ser feitas em intervalos de 7 a 10 dias; a primeira, necessariamente, 15 a 30 dias após a germinação das plantas. A época de aplicação das demais, poderá ser melhor determinada pelo viveirista, ao observar as taxas de crescimento e as mudanças de coloração das mudas. À menor perda de viço das mudas, com o aparecimento de cores desbotadas, que variam de tons avermelhados a amarelados para o eucalipto e simplesmente amarelados para o pinus, fazer a adubação de cobertura.

Quando as mudas já estiverem formadas, portanto, prontas para serem plantadas no campo, recomenda-se, antes da expedição, fazer a "rustificação", para amenizar os estresses no campo. Na fase de "rustificação", que dura de 15 a 30 dias, reduz-se as regas e suspende-se a adubação de cobertura. No início desta fase, recomenda-se uma adubação contendo apenas K, para aumentar o potencial iônico interno das mudas, fazendo com que elas sejam, fisiologicamente, mais capazes de regular suas perdas de umidade, além de facilitar o engrossamento do caule, fatores muito importantes para a adaptação das mudas às condições adversas de campo.

### **! Produção de mudas no sistema de tubetes de polipropileno**

Similarmente às recomendações feitas para o sistema de produção de mudas em sacos plásticos, a melhor forma de aplicação de adubos nos substratos utilizados no sistema de tubetes de polipropileno é a parcelada, parte como adubação de base e parte como adubação de cobertura.

**a) adubação de base:** 150 g de N, 300 g de  $P_2O_5$ , 100 g de  $K_2O$  e 150 g de "fritas" BR-12 ou material similar para cada  $1 m^3$  de substrato. Com  $1 m^3$  desse substrato é possível encher cerca de 20.000 tubetes com capacidade de  $50 cm^3$  cada um. Geralmente, o pH e os níveis de Ca e Mg nos substratos utilizados neste sistema são elevados, de modo que a aplicação de calcário não é recomendada, evitando-se assim problemas como a volatilização de N e deficiência de micronutrientes.

**b) adubação de cobertura:** Devido à grande permeabilidade do substrato, que facilita as lixiviações, e ao pequeno volume de espaço destinado a cada muda, são necessárias adubações de cobertura mais frequentes do que no caso de formação de mudas em sacos plásticos. Para a aplicação dos nutrientes,

recomenda-se dissolver 1 kg de sulfato de amônio e/ou 300 g de cloreto de potássio em 100 litros de água. Com a solução obtida, regar 10.000 tubetes em intervalos de 7 a 10 dias, até que as mudas atinjam o tamanho desejado.

A alternância das aplicações de K, bem como as demais recomendações feitas no sistema de produção de mudas em sacos plásticos, descritos anteriormente, devem ser aqui também consideradas.

### **23.6 Viveiro de mudas de essências florestais típicas da Mata Atlântica**

De modo geral, as espécies florestais da Mata Atlântica são muito mais exigentes nutricionalmente que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*. Essas espécies, principalmente as das classes secundárias e clímax da sucessão florestal, são sensíveis à acidez e aos altos níveis de Al e Mn dos solos, além de muito exigentes em macro- e micronutrientes. Normalmente, essas espécies têm um tempo de permanência no viveiro maior que o eucalipto e o pinus, comumente, superior a 6 meses.

#### **! Adubação de mudas produzidas no sistema de sacos plásticos**

Aqui também é válida a maior parte das recomendações feitas para a formação de mudas de eucaliptos e pinus. As grandes diferenças estão, apenas, nas dosagens das adubações, que são maiores - geralmente conseguidas com um número maior de adubações de cobertura - e na necessidade de se fazer a calagem da terra de subsolo, caso sejam baixos o pH e os níveis de Ca e Mg, e altos os níveis de Al e Mn, o que deve ser verificado previamente, com a análise química do substrato.

Recomenda-se as seguintes dosagens de calcários e adubos:

**a) adubação de base:** normalmente o pH e os níveis de Ca e Mg nas terras de subsolo são muito baixos. Por esta razão, o primeiro passo a ser dado é a calagem da terra de subsolo. Desta forma, ficam garantidos o pH adequado e o suprimento de Ca e Mg para as mudas. As espécies das classes ecológicas denominadas secundárias e clímax são bem mais exigentes nutricionalmente que as pioneiras. A faixa ideal de pH (em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol/L) do substrato varia de 5,5 a 6,0. O calcário deve ser incorporado à terra de subsolo, de preferência 15 dias antes de ser usado. A dose de calcário dolomítico a aplicar pode ser calculada pela fórmula:

$$N. C. = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{20 PRNT}$$

onde:

N.C. = necessidade de calcário em kg/m<sup>3</sup> de terra;

C.T.C. = capacidade de troca de cátions, em mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de terra;

V<sub>2</sub> = saturação por bases desejada, 60%;

V<sub>1</sub> = saturação por bases encontrada na terra de subsolo;

PRNT = Poder relativo de neutralização do calcário, em % Equiv. CaCO<sub>3</sub>.

Após a incorporação do calcário, aplicar 150 g de N, 700 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 g de K<sub>2</sub>O e 200 g de "fritas" BR-12 ou material equivalente para 1 m<sup>3</sup> de terra de subsolo. Com 1 m<sup>3</sup> desse substrato é possível encher cerca de 1.200 saquinhos de 1 kg de capacidade, os recipientes mais usados para produção de mudas das essências florestais nativas das matas brasileiras.

Para evitar a incorporação de calcário ao substrato, recomenda-se o uso de terra de subsolo que apresente, naturalmente, pH elevado e altos níveis de Ca e Mg.

**b) adubação de cobertura:** 100 g de N mais 100 g de K<sub>2</sub>O em cada aplicação. Para a aplicação desses nutrientes, recomenda-se dissolver 1 kg de sulfato de amônio e/ou 300 g de cloreto de potássio em 100 litros de água. Com esta solução, regar 2.500 saquinhos de 1 kg de capacidade cada um. Recomenda-se a intercalação das aplicações de K<sub>2</sub>O, ou seja, em uma utilizar N e K<sub>2</sub>O, na seguinte, apenas N, e assim por diante.

Geralmente, as adubações de cobertura devem ser feitas em intervalos de 7 a 10 dias; a primeira comumente 15 a 30 dias após a emergência das plantas. A época de aplicação das demais adubações de cobertura podendo ser melhor determinadas pelo viveirista, ao observar as taxas de crescimento e as mudanças de coloração das mudas.

### **! Adubação de mudas produzidas no sistema de tubetes de polipropileno**

Com exceção do maior número de aplicações de adubos em cobertura, todos os demais procedimentos e recomendações feitas para a produção de mudas de eucalipto e pinus são também válidas aqui.

## **23.7 Florestamentos homogêneos com Eucalyptus e Pinus**

**Amostragem do solo:** Retirar amostras compostas de, pelo menos, 20 amostras simples da camada 0-20 cm de profundidade, de glebas homogêneas de no máximo 50 ha. Opcionalmente, retirar, também, amostras nas profundidades de 20-40 ou 40-60 cm.

A camada de solo que tem mostrado teores de nutrientes mais relacionados com o crescimento das árvores é a de 0-20 cm de profundidade, onde ocorrem, com mais intensidade Os processos de absorção pelas raízes. Todavia, a amostragem das camadas de 20-40 ou 40-60 cm de profundidade fornece informações sobre restrições químicas à atividade radicular.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a soma dos teores de cálcio e magnésio, utilizando a expressão:

$$NC = 10 [X - (Ca + Mg)] / PRNT)$$

em que a necessidade de calagem, NC, é dada em toneladas por hectare e X tem um valor de 20 para *Eucalyptus*, os teores de Ca e Mg são dados em termos de mmol/dm<sup>3</sup> e o PRNT em porcentagem de equivalente CaCO<sub>3</sub>.

Distribuir o calcário a lanço, em área total ou em faixas de 1,0 a 1,5 m de largura sobre as linhas de plantio. Não é necessário a incorporação.

*As espécies **Eucalyptus** e **Pinus** plantadas no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. As espécies são pouco sensíveis à acidez do solo e tolerantes a altos níveis de Al e Mn. Assim, a calagem visa garantir a quantidade de cálcio removida pela colheita, da ordem de 300 a 500 kg/ha de Ca para **Eucalyptus** e bem menos que isso no caso de **Pinus**.*

**Adubação mineral:** Aplicar as quantidades totais de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas para o estabelecimento de florestamentos com eucaliptos e pinus, com base em resultados de análises de solo de matéria orgânica, fósforo e potássio e as tabelas seguintes:

Gênero	Matéria orgânica, g/dm <sup>3</sup>		
	0-15	16-40	>40
	N, kg/ha		
Eucalyptus	60	40	20
Pinus	30	20	0

*Essa recomendação de nitrogênio, baseada no teor de matéria orgânica no solo, parte da suposição de que, em solos com teores mais elevados de matéria orgânica, o estoque de nitrogênio é maior. Além disso, solos com mais matéria orgânica são, de modo geral,*

*mais argilosos, o que significa, comumente, maior potencial de produtividade das essências florestais.*

Argila	Gênero	P resina, mg/dm <sup>3</sup>			
		0-2	3-5	6-8	>8
g/kg		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha			
<150	Eucalyptus	60	40	20	0
	Pinus	30	20	0	0
150-350	Eucalyptus	90	70	50	20
	Pinus	45	35	0	0
>350	Eucalyptus	120	100	60	30
	Pinus	60	50	0	0

*As maiores recomendações de fósforo para solos com teores mais altos de argila estão relacionadas às maiores demandas nutricionais nesses nutrientes em solos argilosos, por serem, normalmente, mais produtivos, além de apresentarem maior interação dos adubos fosfatados com o solo.*

Argila	Gênero	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		
		0-0,7	0,8-1,5	>1,5
g/kg		K <sub>2</sub> O, kg/ha		
<150	Eucalyptus	50	30	0
	Pinus	30	20	0
150-350	Eucalyptus	60	40	0
	Pinus	40	30	0
>350	Eucalyptus	80	60	0
	Pinus	50	40	0

*Também neste caso, maior teor de argila está associado com produtividade mais alta e, conseqüentemente, maior necessidade de potássio.*

Acrescentar, em solos com teores baixos de boro ( $B < 0,21 \text{ mg/dm}^3$ ), 1 kg/ha de B. Em solos com teores baixos de zinco ( $Zn < 0,6 \text{ mg/dm}^3$ ), aplicar 1,5 kg/ha de Zn.

**Adubação de plantio:** Empregar 1/3 das doses de N e K<sub>2</sub>O e 1 00% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, do B e do Zn e aplicar os adubos em filetes contínuos, no interior dos sulcos de plantio ou, alternativamente, em covas

*A adubação de plantio tem como finalidade principal promover o desenvolvimento inicial das mudas - basicamente nos primeiros 6 meses pós-plantio, suplementando o solo com quantidades adicionais de nutrientes, que irão atender à demanda nutricional das mudas. Ela é tanto mais importante quanto maior for a deficiência de nutrientes no solo.*

**Adubação de cobertura:** Aplicar o restante da adubação recomendada em 2 a 4 vezes. Para definir as épocas de aplicação dos fertilizantes, é fundamental considerar as fases de crescimento da floresta: antes, durante e após o fechamento das copas, o que tem estreita relação com as demandas nutricionais das árvores.

Para florestas de rápido crescimento, com ciclos de corte de até 10 anos, parcelar, equitativamente, as adubações de cobertura, aplicando aos 3 a 6 meses, entre 6 e 12 meses e, o restante, entre 12 e 24 meses pós-plantio. A melhor forma de definir a época das adubações é por meio do acompanhamento visual ou por medições dendrométricas do crescimento da floresta, o que permite caracterizar seu estágio de desenvolvimento.

A aplicação dos adubos pode ser feita em meia-lua ou em filetes contínuos na projeção das copas, e, após o fechamento, em faixas de 30 cm ou mais, entre as linhas de plantio. As aplicações não devem coincidir com os períodos de intensas chuvas, tampouco quando os níveis de umidade do solo estiverem muito baixos.

### **23.8 Reflorestamentos mistos com espécies típicas da Mata Atlântica**

*Inicialmente, é importante ressaltar que as essências florestais típicas da Mata Atlântica são muito mais exigentes em fertilidade do solo que as da região dos Cerrados. O plantio dessas espécies não deve ser feito em solos originalmente cobertos por cerrado, os quais apresentam características químicas limitantes para seu desenvolvimento. Portanto, a escolha de espécies para o reflorestamento de determinada área deve se basear no tipo florestal existente originalmente.*

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50%, quando esta for menor que 40%. Não aplicar, porém, mais que 2 t/ha.

A aplicação deverá ser feita a lanço, em área total, pelo menos 30 dias antes do plantio. Não é necessária a incorporação.

*A calagem é uma prática que encarece muito a implantação de povoamentos mistos com essas espécies. Por esta razão, deve ser bastante criteriosa e só utilizada em solos muito degradados.*

**Adubação mineral:** Aplicar de acordo com análise de solo e a seguinte tabela:

M.O., g/dm <sup>3</sup>			P resina, mg/dm <sup>3</sup>			K+ trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		
0-15	16-40	>40	0-5	6-1	>12	0-0,7	0,8-1,5	>1,5
N, kg/ha			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha			K <sub>2</sub> O, kg/ha		
60	40	20	80	50	0	60	30	0

Aplicar 1 kg/ha de B em solos com teores de B < 0,21 mg/dm<sup>3</sup> e 1 kg/ha de Zn em solos com teores de Zn < 0,6 mg/dm<sup>3</sup>.

**Adubação de plantio:** Aplicar todo o fósforo, o zinco e o boro e, de preferência, 50% do nitrogênio e do potássio por ocasião do plantio, nos sulcos ou covas de plantio.

**Adubação de cobertura:** O restante de N e K<sub>2</sub>O deve ser aplicado entre 3 a 6 meses após o plantio, na forma de filetes contínuos, ao redor da projeção das copas ou no meio do espaçamento entre as linhas de plantio. As aplicações de adubos em cobertura não devem coincidir com os períodos de intensas chuvas, tampouco quando os níveis de umidade do solo estiverem muito baixos.

## 24. FORRAGEIRAS

Joaquim Carlos Wemer- Instituto de Zootecnia (IZ)  
Valdinei Tadeu Paulino - Instituto de Zootecnia (IZ)  
Heitor Cantarella - Instituto Agrônômico (IAC)  
Newton de O. Andrade - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)  
José Antonio Quaggio - Instituto Agrônômico (IAC)

### 24.1. Informações gerais

As recomendações de adubação e calagem são fornecidas para dez diferentes situações de cultivo de forrageiras. Os agrupamentos adotados para as plantas forrageiras do mesmo tipo, baseiam-se em exigências de fertilidade do solo.

Tipo de exploração	Forrageira
<b>1 - Gramíneas para pasto exclusivo</b> Grupo I:	<i>Panicum, maximum</i> (Aruana, Centenário, Colônia, IZ-1, Tanzânia, Tobiatã, Vencedor); <i>Cynodon</i> (Coast-cross, Tiftons); <i>Pennisetum purpureum</i> (Cameron, Elefante, Guaçu, Napier, Uruckuami); <i>Chloris</i> (Rhodes); <i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaraguá); <i>Digitaria decumbens</i> (Pangola, Transvala); <i>Pennisetum clandestinum</i> (Quicuí) etc.
<b>2 - Gramíneas para pasto exclusivo</b> Grupo II:	<i>Brachiaria brizantha</i> (Braquiárgo, Marandu); <i>P maximum</i> (Green-panic, Mombaga); <i>Andropogon gayanus</i> (Andropogon); <i>Cynodon plectostachyus</i> (Estrelas); <i>Paspalum guenoarum</i> (Ramirez) etc.
<b>3 - Gramíneas para pasto exclusivo:</b> Grupo III:	<i>Brachiaria decumbens</i> (Braquiária, Ipean, Australiana); <i>B. humidicola</i> (Quicuí da Amazônia); <i>Paspalum notatum</i> (Batatais ou Gramão, Pensacola); <i>Melinis minutiflora</i> (Gordura); <i>Setaria anceps</i> (Setária) etc.
<b>4 - Leguminosas exclusivas</b> Grupo I:	<i>Neonotonia wightii</i> (Soja-perene); <i>Leucaena leucocephala</i> (Leucena); <i>Desmodium intortum</i> e <i>D. ovalifolium</i> (Desmódio); <i>Arachis pintoi</i> (Arechis); <i>Lotononis bainesii</i> (Lotononis); <i>Trifolium</i> (Trevo Branco, Vermelho e Subterrâneo) etc.

Tipo de exploração	Forageira
<b>5 - Leguminosas exclusivas Grupo II</b>	<i>Stylosanthes mucunoides pubescens atropurpureum</i> (Estilosantes); <i>Calopogonium Centrosema Macroptilium axillare</i> (Calopogônio); (Centrosema); (Siratro); <i>Macrotiloma axillare</i> (Macrotiloma ou Guatá) <i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu tropical); <i>Cajanus cajan</i> (Guandu); <i>Galactia striata</i> (Galáxia) etc.
<b>6 - Capineiras:</b>	Elefante, Napier; <i>Tripsacum laxum</i> (Guatemala)
<b>7 - Gramíneas para fenação:</b>	Coast-cross, Tifton, Pangola, Rhodes, Greenpan, Transvala etc.
<b>8 - Pasto consorciado Grupo I:</b>	Gramínea + leguminosas do Grupo I.
<b>9 - Pasto consorciado Grupo II:</b>	Gramínea + leguminosas do Grupo II
<b>10 - Leguminosa para exploração intensiva:</b>	<i>Medicago sativa</i> (Alfafa)

## 24.2 Composição química, amostragem de folhas e limites de interpretação

A extração aproximada de nitrogênio, fósforo e potássio, pela parte aérea colhida ou pastejada de forrageiras importantes no Estado de São Paulo, apresenta-se no quadro abaixo, cujos dados podem ser utilizados para calcular a remoção de nutrientes pelo pastejo ou corte das forrageiras como capineiras ou para fenação.

As quantidades de nutrientes extraídas podem variar, dependendo da idade e estágio de desenvolvimento de planta, tipo de solo, adubação, entre outros (Quadro 24.1).

A composição foliar para efeito de avaliação do estado nutricional das forrageiras é apresentada para algumas espécies importantes do Estado de São Paulo (Quadro 24.2). Para as gramíneas, a parte da planta escolhida é aquela que simula a que o animal pasteja (brotação nova e folhas verdes), amostrada durante a fase de crescimento ativo (novembro a fevereiro). A amostragem de plantas de espécies leguminosas deve ser feita também de novembro a fevereiro. Para a soja perene, a parte amostrada é a ponta dos ramos desde o ápice até a 3ª - 4ª folhas desenvolvidas; para o estilosantes, o ponteiro da planta (cerca de 15 cm); para a leucena, ramos novos com diâmetro até 5 mm; para a alfafa, o terço superior da planta no início do florescimento.

Quadro 24.1. Quantidade de nutrientes (N, P e K) extraídos na matéria seca da parte aérea de gramíneas

Forrageira	N	P	K
kg/t			
<b>Gramíneas do Grupo I</b>			
Colonião	14	1,9	17
Napier	14	2,0	20
Coast-cross	16	2,5	20
<b>Gramíneas do Grupo II</b>			
<i>B. brizantha</i>	13	1,0	18
<i>Andropogon</i>	13	1,1	20
<b>Gramíneas do Grupo III</b>			
<i>B. decumbens</i>	12	0,9	13
Batatais	12	1,5	15
Gordura	11	1,2	15
<b>Leguminosas do Grupo I</b>			
Soja perene	26	2,0	21
Leucena	31	1,5	20
<b>Leguminosas do Grupo II</b>			
<i>Stylosanthes</i>	21	1,5	18
<b>Leguminosa para exploração intensiva</b>			
Alfafa	35	2,9	28

Quadro 24.2. Faixas de teores de nutrientes adequados para algumas forrageiras, calculados com base na matéria seca

Forrageira	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg						mg/kg				
<b>Gramíneas do Grupo I</b>											
Colonião	15-25	1,0-3,0	15-30	3-8	1,5-5,0	1,0-3,0	10-30	4-14	50-200	40-200	20-50
Napier	15-25	1,0-3,0	15-30	3-8	1,5-4,0	1,0-3,0	10-25	4-17	50-200	40-200	20-50
Coast-cross	15-25	1,5-3,0	15-30	3-8	2,0-4,0	1,0-3,0	10-25	4-14	50-200	40-200	30-50
Tifton	20-26	1,5-3,0	15-30	3-8	1,5-4,0	1,5-3,0	5-30	4-20	50-200	20-300	15-70
<b>Gramíneas do Grupo II</b>											
<i>B. brizantha</i>	13-20	0,8-3,0	12-30	3-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
Andropogon	12-25	1,1-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-20	4-12	50-250	40-250	20-50
<b>Gramíneas do Grupo III</b>											
<i>B. decumbens</i>	12-20	0,8-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
Batatais	12-22	1,0-3,0	12-25	3-6	2,0-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
Gordura	12-22	1,0-3,0	12-30	3-7	1,5-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<b>Leguminosas do Grupo I</b>											
Soja perene	20-40	1,5-3,0	12-30	5-20	2,0-5,0	1,5-3,0	30-50	5-12	40-250	40-150	20-50
Leucena	20-48	1,5-3,0	13-30	5-20	2,0-4,0	1,5-3,0	25-50	5-12	40-250	40-150	20-50
<b>Leguminosas do Grupo II</b>											
<i>Stylosanthes</i>	20-40	1,5-3,0	10-30	5-20	1,5-4,0	1,5-3,0	25-50	6-12	40-250	40-200	20-50
Guandu	20-40	1,5-3,0	12-30	5-20	2,0-5,0	1,5-3,0	20-50	6-12	40-200	40-200	25-50
<b>Leguminosa p/exploração intensiva</b>											
Alfafa	34-56	2,5-5,0	20-35	10-25	3-8	2,0-4,0	30-60	8-20	40-250	40-100	30-50



### 24.3 Recomendação de adubação e calagem

**Calagem:** aplicar calcário para elevar a saturação por bases, conforme o tipo de forrageira, de acordo com a tabela:

Forrageira	Saturação por bases		Dose máxima a aplicar	
	Formação		Manutenção	
	V%	V%	t/ha	t/ha
Gramíneas do Grupo I	70	60	7	3
Gramíneas do Grupo II	60	50	6	3
Gramíneas do Grupo III	40	40	5	3
Leguminosas do Grupo I	70	60	7	3
Leguminosas do Grupo II	50	40	5	3
Capineiras	70	60	7	3
Gramíneas para fenação	70	60	7	3
Pasto Consorciado do Grupo I	70	60	7	3
Pasto Consorciado do Grupo II	50	40	5	3
Leguminosa p/exploração intensiva	80	80	10	5

Na formação da pastagem, aplicar o calcário uniformemente sobre a superfície do terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Em solos com teor baixo de Mg, empregar calcário dolomítico. Em locais onde esse tipo de calcário não é facilmente disponível, utilizar pelo menos 1 t/ha de calcário dolomítico se o teor de Mg no solo for inferior a 4 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para as gramíneas dos Grupos II e III, ou 2 t/ha se o teor de Mg no solo for inferior a 8 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para as gramíneas do Grupo I e leguminosas.

Em forrageiras já estabelecidas, aplicar o calcário, com base na análise de solo, na superfície do terreno após o rebaixamento do pasto ou corte da planta, de preferência no início da estação chuvosa. Promover a incorporação quando a espécie permitir o revolvimento do solo.

*! Pastos degradados, com a superfície do solo exposta e endurecida, devem ser recuperados ao invés de receber tratamento de manutenção. Para isso, aplicar o calcário separadamente do fertilizante fosfatado e potássico (recomendados para a formação) e incorporá-los simultaneamente, no início da estação chuvosa.*

*! Para a maioria das forrageiras, recomenda-se doses maiores de calcário na fase de formação devido ao efeito residual da calagem, pois a cultura deve permanecer no campo por vários anos. Para forrageiras já formadas, as doses de*

*calcário podem ser menores, pois leva-se em conta a tolerância da maioria das espécies forrageiras a algum grau de acidez no solo e também pela dificuldade de se promover uma boa incorporação.*

**Gessagem:** para alfafa e leguminosas do Grupo I, pode-se aplicar gesso com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, quando o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  for inferior a  $4 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$  e/ou saturação de alumínio acima de 50%. O gesso deve ser distribuído uniformemente sobre o terreno, não havendo a necessidade de sua incorporação. As quantidades podem ser dimensionadas de acordo com a textura do solo, usando a seguinte fórmula para o cálculo:

$$\text{Argila (em g/kg)} \times 6 = \text{kg/ha de gesso a aplicar}$$

A aplicação do gesso não substitui a calagem.

*Para as outras forrageiras, o benefício ou retomo econômico da gessagem com o intuito de melhorar o subsolo não é garantido. No entanto, o gesso pode ser empregado como fonte de enxofre. Para isso, doses de 500 a 1.000 kg/ha devem ser suficientes para garantir o suprimento desse nutriente pelo período de 3 a 5 anos.*

**Adubação de formação:** aplicar as quantidades de nutrientes abaixo, de acordo com os grupos de forrageiras e as características químicas do solo, conforme o quadro 1.

*! As doses de adubo, especialmente de P, estão dimensionadas levando em consideração o retorno econômico médio da atividade. No entanto, as pastagens podem responder, com aumento de produção, a doses de P cerca de 30% maiores que as recomendadas.*

*! Para a formação de pastos com gramíneas, distribuir os adubos com P e K separados das sementes, com semeadeira-adubadeira apropriada para pastagem. Quando usar fosfato solúvel em água, dar preferência à forma granulada. Se houver necessidade de aplicar apenas fósforo, esse adubo pode ser juntado à semente, desde que a mistura seja feita, no máximo, na véspera do plantio (não misturar adubo potássico à semente).*

*! Opcionalmente, pode-se empregar, como fonte de fósforo, termofosfatos ou fosfatos naturais sedimentares (ex. hiperfosfato). Quando utilizar fosfato natural não sedimentar, de menor solubilidade, não substituir com essa fonte, mais que 40% da dose total de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendada. Esse adubo deve ser aplicado e incorporado ao solo 30-60 dias antes da calagem.*

*! Para as leguminosas, recomenda-se o uso de fosfato solúvel, termofosfato ou fosfato sedimentar (ex. hiperfosfato). Estes dois últimos devem ser aplicados a lanço e incorporados ao solo. Não misturar superfosfato ou KCl às sementes. Para*

*a alfafa, que pode necessitar doses altas de K na formação, não aplicar mais de 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio. Se a dose exceder esse valor, aplicar o restante do K em cobertura, cerca de 30 a 40 dias após a emergência das plantas.*

Quadro 1. Adubação de formação para forrageiras

N no plantio	N aos 30-40 dias	P no solo, mg/dm <sup>3</sup>				K no solo, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				S
		0-6	7-15	15-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0	
N, kg/ha		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha				S, kg/ha
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo I</b>										
0	40 <sup>(1)</sup>	100	70	40	0	60	40	0	0	20
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo II</b>										
0	40 <sup>(1)</sup>	80	60	40	0	50	30	0	0	20
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo III</b>										
0	40 <sup>(1)</sup>	60	40	20	0	40	20	0	0	20
<b>Leguminosas exclusivas, Grupo I</b>										
0	0	100	80	60	30	60	40	30	0	30
<b>Leguminosas exclusivas, Grupo II</b>										
0	0	80	60	40	20	60	40	30	0	20
<b>Capineiras</b>										
0	50	120	100	60	30	80	60	30	0	20
<b>Gramíneas para fenação</b>										
0	50 <sup>(1)</sup>	120	100	60	30	60	40	30	0	20
<b>Pasto consorciado, Grupo I</b>										
0	0	100	80	60	30	60	40	30	0	30

N no plantio	N aos 30-40 dias	P no solo, mg/dm <sup>3</sup>				K no solo, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				S
		0-6	7-15	15-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0	
N, kg/ha		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha				S, kg/ha
<b>Pasto consorciado, Grupo II</b>										
0	0	80	60	40	20	60	40	30	0	20
<b>Alfafa para exploração intensiva</b>										
0	0	150	130	100	50	160	130	100	60	50

(<sup>1</sup>) Aplicar nitrogênio em cobertura cerca de 30 dias após a germinação, somente quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência desse nutrientes, caracterizados por crescimento lento, coloração verde pálida ou amarelecimento generalizado.

*! Em pasto de gramíneas consorciadas com leguminosas, devem-se adotar algumas práticas visando favorecer o estabelecimento desta última. Recomenda-se uma adubação diferenciada para plantas das duas famílias. Usar, de preferência, fontes de P solúvel. Aplicar 2/3 da dose de P e todo o K no sulco de plantio da leguminosa e 1/3 na gramínea. Se usar parte do P (até 40%) como fosfato natural aplicado a lanço, usar o P solúvel somente na leguminosa. Não misturar adubo com as sementes de leguminosas. Rebaixar o pasto assim que o capim começar a sombrear a leguminosa.*

Para pastagens de gramíneas exclusivas, aplicar as doses de zinco de acordo com a análise do solo, conforme tabela abaixo:

Forrageira	Zn no solo, mg/dm <sup>3</sup>		
	0-0,5	0,6-12	>1,2
	Zn, kg/ha		
Gramíneas Grupo I	3	2	0
Gramíneas Grupo II	3	2	0
Gramíneas Grupo III	2	0	0
Capineiras	5	3	0
Gramíneas para fenação	5	3	0

Os micronutrientes podem ser aplicados com os demais adubos de formação.

Para leguminosas exclusivas, pasto consorciado ou alfafa para exploração intensiva, aplicar micronutrientes conforme a análise do solo, de acordo com a tabela a seguir. Aplicar também 50 g/há de Mo.

Os micronutrientes podem ser aplicados em mistura com os demais adubos de formação.

Aplicar o molibdênio, de preferência, com as sementes das leguminosas.

Forrageira	Zn no solo, mg/dm <sup>3</sup>			Cu no solo, mg/dm <sup>3</sup>			B no solo, mg/dm <sup>3</sup>		
	0,05	0,06-1,2	>1,2	0-0,2	0,3-0,8	>0,8	0,20	0,21-0,60	>0,60
	Zn, kg/ha			Cu, kg/ha			B, kg/ha		
Leguminosas	3	2	0	2	1	0	1,0	0,5	0
Pasto consorciado	3	2	0	2	1	0	1,0	0,5	0
Alfafa	5	3	0	3	1	0	1,5	1,0	0

**Adubação de manutenção:** em forrageiras estabelecidas, aplicar os nutrientes conforme a tabela abaixo, para sistemas em pastejo direto ou corte, respectivamente.

N	P no solo, mg/dm <sup>3</sup>				K no solo, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				S
	0-6	7-15	15-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0	
N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha				S, kg/ha
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo I</b>									
80	50	40	20	0	50	40	30	0	20
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo II</b>									
60	40	30	20	0	40	30	20	0	20
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo III</b>									
40	30	20	0	0	30	20	0	0	20
<b>Leguminosas exclusivas, Grupo I</b>									
0	50	40	30	0	50	40	30	0	30

N	P no solo, mg/dm <sup>3</sup>				K no solo, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				S
	0-6	7-15	15-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0	
<b>Leguminosas exclusivas, Grupo II</b>									
0	40	30	20	0	40	30	20	0	20
<b>Pasto Consorciado, Grupo I</b>									
0	50	40	20	0	60	50	40	0	20
<b>Pasto Consorciado, Grupo II</b>									
0	40	30	20	0	50	40	30	0	20

*! Para pastos exclusivos de gramíneas, aplicar a adubação PK de preferência no início da estação das águas, após o rebaixamento do pasto. A aplicação de adubo, especialmente de N, pressupõe um nível adequado de manejo e utilização do pasto. Recomenda-se aplicar o N no final da estação chuvosa (fevereiro-março) a fim de estender o período de produção do pasto. Em explorações intensivas, se houver necessidade de aumento de produção de forragem durante o período de chuvas, aplicar 50 kg/ha de N por vez, após cada pastejo. Se usar uréia, aplicá-la quando a chuva possa incorporá-la ao solo em 2-3 dias para evitar perdas por volatilização.*

*! Para as leguminosas exclusivas, empregar adubos solúveis, de preferência, no início da estação das águas, após o rebaixamento do pasto.*

**Forrageiras para corte:** aplicar as quantidades de nutrientes abaixo. As doses de nitrogênio, potássio e enxofre devem ser calculadas conforme a extração de matéria seca, e as de fósforo, conforme a análise de solo.

N	P no solo, mg/dm <sup>3</sup>				K no solo, mmol/dm <sup>3</sup>			S
	0-6	7-15	15-40	>40	0-1,5	1,5-3,0	>3,0	
N, kg/ha MS <sup>(1)</sup> _____ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> _____ K <sub>2</sub> O, kg/t MS _____ S, kg/t MS								
<b>Capineiras</b>								
20	80	50	30	0	20	15	15	3
<b>Gramíneas para fenação</b>								
20	80	50	30	0	20	15	15	3
<b>Alfafa</b>								
0	100	100	80	40	35	30	15	4

(<sup>1</sup>) MS: matéria seca colhida. Para capineiras, considerar MS = matéria fresca x 0,20; para feno, MS = feno x 0,85.

*! Para as capineiras, gramíneas para fenação e alfafa, a adubação fosfatada deve ser feita uma vez por ano, após o corte das plantas, de preferência no início da estação das águas, ou, opcionalmente, parcelada junto com o N e o K. As doses de N e K (só K para a alfafa) devem ser aplicadas em cobertura, após cada corte. O S pode ser aplicado de uma só vez, junto com o P, ou parcelado junto com o N e o K. Em caso de devolução de todo o esterco à capineira, as doses de nutrientes recomendadas podem ser reduzidas à metade.*

*! Em capineiras e gramíneas para fenação, reaplicar, anualmente, metade da dose de micronutrientes recomendada para a fase de formação, juntamente com a adubação de manutenção feita no início da estação chuvosa.*

*! Para a alfafa, se a fixação biológica de N não se mostrar eficiente, aplicar 40 kg de N/t de matéria seca após cada corte, juntamente com o K. Os sintomas de falta de fixação de N são o amarelecimento das folhas, o crescimento reduzido e a ausência de nódulos efetivos nas raízes.*

*! Para a alfafa, repetir, como adubação de manutenção, as mesmas doses de micronutrientes recomendadas para a fase de formação. Aplicar uma vez por ano, com os adubos recomendados para uso no início da estação das chuvas.*

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. AMOSTRAGEM DE SOLO .....</b>	<b>2</b>
2.1 ESCOLHA DAS GLEBAS PARA AMOSTRAGEM .....	2
2.2 FERRAMENTAS E COLETA DE AMOSTRAS.....	2
2.3 FREQUÊNCIA E ÉPOCA DE AMOSTRAGEM .....	3
2.4 LOCAL E PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM.....	4
2.5 ENVIO DA AMOSTRA DE SOLO AO LABORATÓRIO .....	4
<b>3. REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS, FOLHAS, FERTILIZANTES E CORRETIVOS.....</b>	<b>4</b>
3.1 UNIDADES DE REPRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	5
3.2 SOLOS .....	5
3.3 FOLHAS.....	5
3.4 CORRETIVOS DA ACIDE .....	6
3.5 FERTILIZANTES .....	6
3.6 CONVERSÃO DE UNIDADES.....	6
<b>4. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO .....</b>	<b>7</b>
4.1 NITROGÊNIO .....	7
4.2 FÓSFORO E POTÁSSIO .....	8
4.3 ACIDEZ.....	9
4.4 CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE .....	9
4.5 MICRONUTRIENTES .....	10
4.6 MATÉRIA ORGÂNICA E ARGILA.....	11
4.7 INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DO SUBSOLO .....	11
<b>5. PRODUTIVIDADE ESPERADA.....</b>	<b>12</b>
<b>6. CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO .....</b>	<b>13</b>
6.1 CORRETIVOS DA ACIDEZ .....	13
6.2 CÁLCULO DA NECESSIDADE DE CALAGEM .....	15
6.3 INCORPORAÇÃO DO CORRETIVO .....	16
6.4 REDUÇÃO DA ACIDEZ DO SUBSOLO .....	16
6.5 CÁLCULO DA NECESSIDADE DE CALAGEM USANDO O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.....	17
<b>7. ADUBAÇÃO FOSFATADA .....</b>	<b>18</b>
7.1 FERTILIZANTES FOSFATADOS .....	18
7.2 ADUBAÇÃO FOSFATADA .....	20
<b>8. ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO, POTÁSSIO E ENXOFRE .....</b>	<b>20</b>
8.1 NITROGÊNIO.....	20
8.1.1 Fertilizantes nitrogenados .....	21
8.1.2 Adubação nitrogenada .....	23
8.2 POTÁSSIO.....	24

8.2.1 Fertilizantes potássicos .....	24
8.2.2 Adubação potássica .....	24
8.3 ENXOFRE .....	25
8.3.1 Fertilizantes contendo enxofre .....	25
8.3.2 Adubação com enxofre.....	25
<b>9. ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES .....</b>	<b>26</b>
9.1 FERTILIZANTES CONTENDO MICRONUTRIENTES .....	26
9.2 ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES .....	27
<b>10. ADUBAÇÃO ORGÂNICA.....</b>	<b>28</b>
10.1 ADUBOS ORGÂNICOS .....	28
10.2 ESTERCOS DE ORIGEM ANIMAL .....	29
10.3 COMPOSTOS.....	31
10.4 RESÍDUOS URBANOS E INDUSTRIAIS .....	31
10.5 ADUBOS VERDES.....	33
10.6. ADUBOS ORGANOMINERAIS .....	33
<b>11. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PLANTAS E DIAGNOSE FOLIAR .....</b>	<b>34</b>
11.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PLANTAS .....	34
11.2 DIAGNOSE FOLIAR .....	35
<b>12. IMPLEMENTAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>36</b>
12.1 ADUBOS SIMPLES .....	37
12.2 FÓRMULAS NPK .....	37
12.3 ADIÇÃO DE ENXOFRE E DE MICRONUTRIENTES .....	37
12.4 MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO .....	38
12.5 FÓRMULAS NPK COM O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES .....	39
12.6 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES .....	40
<b>13. CEREAIS .....</b>	<b>40</b>
13.1 INFORMAÇÕES GERAIS.....	40
13.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR .....	41
13.7. MILHO PARA GRÃOS E SILAGEM .....	42
13.8 MILHO "SAFRINHA" .....	46
13.11 SORGO-GRANÍFERO, FORRAGEIRO E VASSOURA.....	47
<b>19. LEGUMINOSAS E OLEAGINOSAS.....</b>	<b>49</b>
19.1 INFORMAÇÕES GERAIS.....	49
19.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR .....	50
19.8 GIRASSOL .....	51
19.10 LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES - CROTALÁRIA, CHÍCHARO OU ERVILHACA, FEIJÃO-DE-PORCO, FEIJÃO-GUANDU, LABLABE, MUCUNA, TREMOÇO.....	52
19.12 SOJA.....	53
<b>21. RAÍZES E TUBÉRCULOS.....</b>	<b>54</b>
21.1 INFORMAÇÕES GERAIS .....	54
21.2 COMPOSIÇÃO MINERAL, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR.....	55

21.7 MANDIOCA.....	56
<b>22. OUTRAS CULTURAS INDUSTRIAIS.....</b>	<b>57</b>
22.1 INFORMAÇÕES GERAIS .....	57
22.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR .....	58
22.3 CANA-DE-AÇÚCAR.....	59
<b>23. FLORESTAIS.....</b>	<b>62</b>
23.1 INFORMAÇÕES GERAIS .....	62
23.2 CONTEÚDO DE MACRONUTRIENTES EM EUCALYPTUS E PINUS .....	63
23.3 DIAGNOSE FOLIAR.....	64
23.4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS .....	65
23.5. VIVEIRO DE MUDAS DE EUCALYPTUS E PINUS .....	66
23.6 VIVEIRO DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS TÍPICAS DA MATA ATLÂNTICA .....	68
23.7 FLORESTAMENTOS HOMOGÊNEOS COM EUCALYPTUS E PINUS .....	69
23.8 REFLORESTAMENTOS MISTOS COM ESPÉCIES TÍPICAS DA MATA ATLÂNTICA .....	72
<b>24. FORRAGEIRAS.....</b>	<b>74</b>
24.1. INFORMAÇÕES GERAIS.....	74
24.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E LIMITES DE INTERPRETAÇÃO	75
24.3 RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM.....	79