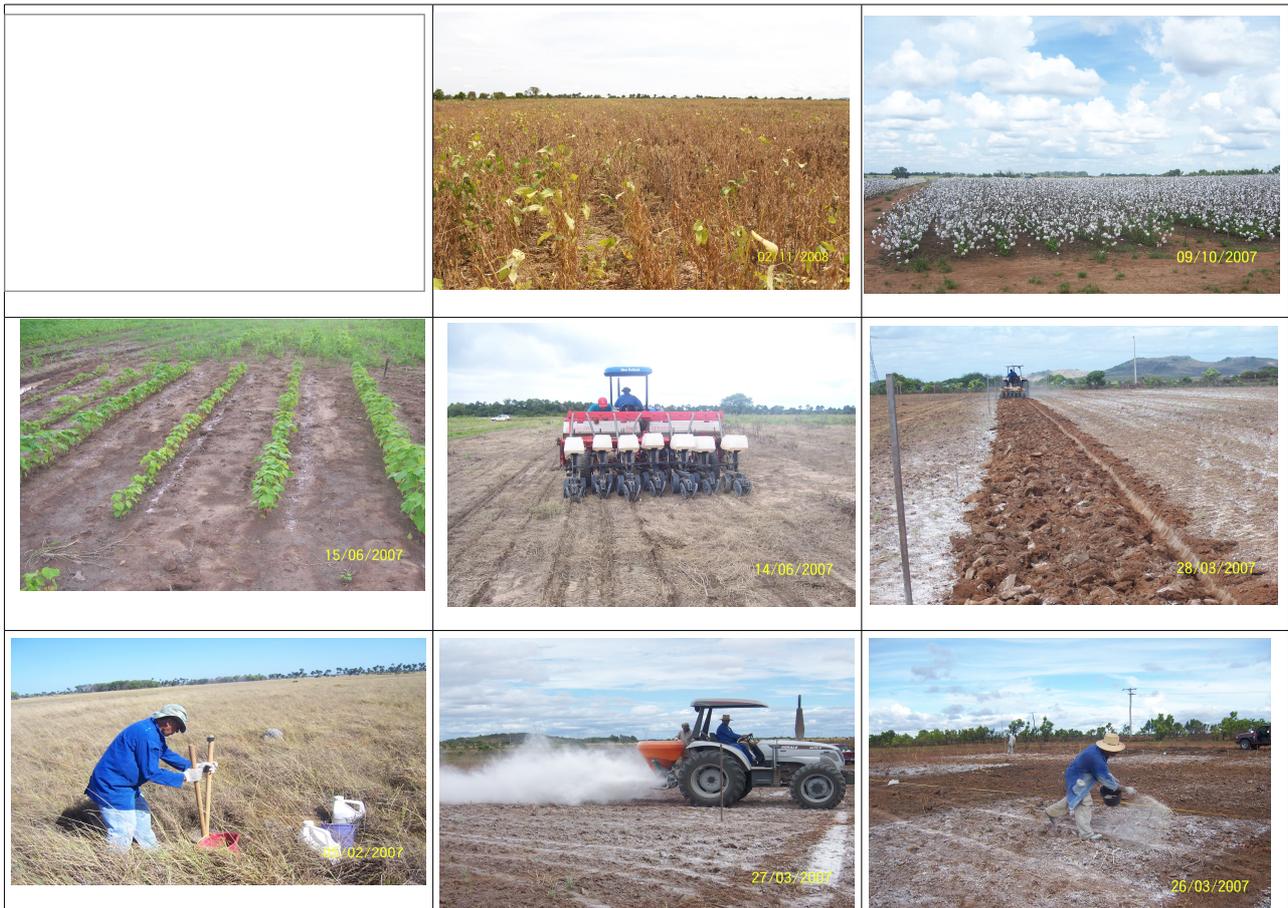


Apostila do Curso de Interpretação de Análises de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação no Estado de Roraima



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Reinhold Stephanes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Diretores-Executivos

Embrapa Roraima

Francisco Joaci de Freitas Luz

Chefe Geral

Marcelo Francia Arco-Verde

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Miguel Amador de Moura Neto

Chefe Adjunto de Administração



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1981 - 6103
Dezembro, 2008*

Apostila do Curso de Interpretação de Análises de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação no Estado de Roraima

Mirian Cristina Gomes Costa
Gilvan Barbosa Ferreira
Alex Miranda de Araújo

Boa Vista, RR
2008

Exemplares desta publicação podem ser obtidos na:

Embrapa Roraima

Rod. BR-174 Km 08 - Distrito Industrial Boa Vista-RR

Caixa Postal 133.

69301-970 - Boa Vista - RR

Telefax: (095) 3626.7018

e-mail: sac@cpafrr.embrapa.br

www.cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Marcelo Francia Arco-Verde

Secretário-Executivo: Newton de Lucena Costa

Membros: Aloísio de Alcântara Vilarinho

Jane Maria Franco de Oliveira

Paulo Sérgio Ribeiro de Mattos

Ramayana Menezes Braga

Ranyse Barbosa Querino da Silva

Normalização Bibliográfica: Maria José Borges Padilha

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

1ª edição

1ª impressão (2008): 300

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Roraima

Costa, Mirian Cristina Gomes.

Apostila do Curso de Interpretação de Análises de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação no Estado de Roraima / Mirian Cristina Gomes Costa, Gilvan Barbosa Ferreira, Alex Miranda de Araújo. - Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008.

82 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 08).

1. Análise de solo. 2. Calagem. 3. Adubação. 4. Roraima. I. Ferreira, Gilvan Barbosa. II. Araújo, Alex Miranda de. III. Título. IV. Embrapa Roraima.

CDD: 631.8

Autores

Mirian Cristina Gomes Costa

Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora, Embrapa Roraima, BR 174 Km 8, Distrito Industrial, Boa Vista – RR,
mirian@cpafrr.embrapa.br

Gilvan Barbosa Ferreira

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador, Embrapa Roraima, BR 174 Km 8, Distrito Industrial, Boa Vista – RR,
gilvan@cpafrr.embrapa.br

Alex Miranda de Araújo

Mestre em Saneamento Ambiental, Analista, Embrapa Roraima, BR 174 Km 8, Distrito Industrial, Boa Vista – RR, alex@cpafrr.embrapa.br

SUMÁRIO

Introdução.....	05
Conceitos básicos	06
Amostragem de solo	10
Métodos de análise de solo	18
Interpretação de análises de solo	21
Corretivos e fertilizantes.....	27
Recomendação de práticas corretivas.....	32
Recomendação de adubação.....	38
Boletim de recomendação de adubação para o estado do Acre.....	38
Boletim de recomendação de adubação para o estado de Pernambuco.....	40
Boletim de recomendação de adubação para o estado de Minas Gerais.....	43
Boletim de recomendação de adubação para o Cerrado.....	45
Boletim de recomendação de adubação para o estado de São Paulo (Boletim Técnico 100).....	49
Prática de recomendação de corretivos e adubos e sua aplicação.....	52
Exemplo prático: calagem e adubação do caupi.....	53
Exemplo prático: calagem e adubação da banana.....	56
Exemplo prático: calagem e adubação do tomate.....	62
Exemplo prático: calagem e adubação da melancia.....	63
Adubação foliar.....	69
Considerações finais.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

Apostila do Curso de Interpretação de Análises de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação no Estado de Roraima

Mirian Cristina Gomes Costa
Gilvan Barbosa Ferreira

1 Introdução

A fertilidade é a característica que mais evidencia o valor agronômico do solo, definindo sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de grandes produtividades. A fertilidade do solo pode ser modificada pelo homem com certa facilidade para se adequar às exigências das plantas cultivadas. Trata-se, pois, de uma característica variável no tempo e com o manejo agrícola. Mesmo em condições naturais, o fluxo de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera é dinâmico e, portanto, passível de mudanças, cujas magnitudes dependem das condições ecológicas locais e da interação com a exploração agrícola. Em solo já cultivado, as mudanças dependem das condições iniciais de cultivo, do manejo adotado, da cultura trabalhada e das condições climáticas locais.

A agricultura moderna exige a determinação precisa do status de nutrientes no solo e na planta para permitir um manejo que aperfeiçoe a produção e que garanta altas rentabilidades, sem perdas de sustentabilidade no tempo nem danos ambientais ao ecossistema onde a atividade agrícola está inserida. A análise de solo e a análise de tecido vegetal constituem as ferramentas apropriadas para isso, viabilizando a avaliação da fertilidade do solo. A partir dos resultados de análise do solo e de tecido vegetal é possível tomar as decisões técnicas adequadas sobre tipos, quantidades, modo e época de aplicação de corretivos e fertilizantes para obter as melhores produtividades das diferentes culturas.

Este documento tem como objetivo fornecer informações básicas necessárias para: (i) coleta correta das amostras de solo, (ii) interpretação e recomendação de fertilizantes, com base nos resultados da análise de fertilidade do solo, e (iii) cálculo das quantidades de adubos a serem aplicadas e o uso adequado de corretivos e adubos em diversas culturas.

2. Conceitos básicos

Para uso adequado das análises de solo e de tecido vegetal como ferramentas que permitem avaliar a fertilidade e recomendar a correção do solo e adubação das culturas, é importante o entendimento de alguns termos técnicos que serão sumariamente definidos abaixo:

- **Fertilidade do solo:** é a capacidade do solo de fornecer nutrientes para as plantas. É caracterizada pelos teores disponíveis dos nutrientes (nitrogênio – N, fósforo – P, potássio – K, cálcio – Ca, magnésio – Mg, enxofre – S, boro – B, cloro – Cl, cobre – Cu, ferro – Fe, manganês – Mn, molibdênio – Mo, níquel – Ni e zinco – Zn), da acidez ativa (hidrogênio – H), trocável (alumínio – Al) e potencial (H+Al), além da matéria orgânica. Os teores disponíveis de nutrientes são medidos utilizando extratores químicos que simulam a extração de nutrientes pelas raízes das plantas.

Algumas publicações modernas têm usado os termos fertilidade química, física e biológica do solo, mas a rigor esse termo não é apropriado, pois confunde a fertilidade com a capacidade produtiva do solo. A capacidade produtiva do solo é definida por suas características químicas (a fertilidade), físicas (a granulometria, a profundidade, a declividade, as relações hídricas), mineralógicas (tipos e proporção dos minerais secundários na fração argila) e biológicas (macro, meso e microfauna do solo). Cada uma dessas propriedades confere ao solo capacidade específica diferente de sua fertilidade, apesar de estarem fortemente integrada com ela.

- **Disponibilidade do nutriente:** a disponibilidade de um nutriente é a porção de seu teor total que o solo pode ceder às plantas durante todo seu ciclo. A esta porção chamamos de lábil ou de fator quantidade. Já a fração do nutriente que está na solução do solo e é facilmente disponível, podendo ser absorvida pelas plantas a qualquer momento, é denominada de fator intensidade. A capacidade do solo em manter constante a concentração do nutriente na solução do solo, por meio de reposição a partir dos nutrientes adsorvidos às partículas minerais, chama-se fator capacidade tampão. Um solo fértil tende a manter os teores dos nutrientes na solução do solo razoavelmente constantes por longo período de tempo, mesmo em condições normais de cultivo. Um exemplo prático do uso desses conceitos é a análise de fósforo e enxofre no solo: os teores disponíveis desses nutrientes dependem estreitamente da capacidade tampão do solo, de modo que o teor de argila é amplamente utilizado como estimador dessa capacidade.

- **Teor disponível:** é o teor recuperado do solo por determinado extrator químico que reflete a quantidade de nutriente que é absorvido e acumulado na planta em condições controladas de cultivo. Há diversos extratores químicos e as interpretações dos teores são válidas para cada extrator específico. Em geral, os elementos trocáveis (K, Na, Ca, Mg e Al) são pouco influenciados pelos extratores usados no Brasil. Porém, os teores de fósforo medidos pela resina trocadora de íons (Sistema IAC de Análise de Solo) e pelo extrator duplo ácido (Sistema Embrapa de Análise de solo) são bem contrastantes em suas características e sensibilidade do fator capacidade tampão de fosfato. Em geral, a sensibilidade da resina ao teor de argila do solo é baixa, tornando desnecessária a sua indexação com os teores de argila; já os extratores ácidos, especialmente o Mehlich-1, tem necessidade de classificação dos teores recuperados de fósforo em função do teor de argila do solo, como um estimador de sua capacidade tampão de fosfato.

- **Nutriente trocável:** é o nutriente presente na superfície das partículas do solo que é facilmente trocável por outro íon de igual caráter eletrônico, vindo de um sal neutro (por exemplo, K^+ do KCl substitui NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} adsorvido nas partículas da fração argila) ou de um ácido forte diluído (por exemplo, o ânion fosfato substitui o sulfato; o cloreto substitui o nitrato; ou o H^+ do duplo ácido substituindo o K^+ e o Na^+).

- **Elementos essenciais:** Aqueles cuja deficiência impede que a planta complete seu ciclo vital. Não podem ser substituídos por outros com propriedades semelhantes. Elementos que fazem parte de moléculas essenciais ao metabolismo da planta ou que participam diretamente do metabolismo da planta. Nem todos os elementos encontrados em grandes concentrações nas plantas são essenciais, pois as plantas possuem capacidade limitada de absorção seletiva, podendo absorver elementos não essenciais e até mesmo tóxicos.

- **Elementos benéficos:** são elementos não essenciais, mas que em determinadas circunstâncias, promovem benefícios para as plantas cultivadas ou a algum organismo associado a ela. São eles: Cobalto – Co (essenciais às bactérias fixadoras de nitrogênio); Silício – Si (benéfico na defesa das gramíneas ao ataque de pragas e doenças); Sódio – Na (pode substituir o K em algumas plantas, sendo essencial àquelas do gênero *atriplex*); Selênio - Se.

- **Elementos tóxicos:** Elementos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. São exemplos o alumínio e os metais pesados (cádmio, chumbo, arsênico, mercúrio etc).

- **Macronutrientes:** são os elementos essenciais que as plantas exigem em grandes quantidades, em kg ha^{-1} , para obtenção de altas produtividades. Eles são subdivididos em macronutrientes primários (N, P e K) e secundários (Ca, Mg e S) em função de sua presença predominante ou não na maioria dos fertilizantes comercializados.

- **Micronutrientes:** são os elementos essenciais que as plantas exigem em pequenas quantidades, geralmente em g ha^{-1} . São eles: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn.

- **Acidez ativa:** é a acidez presente na solução do solo imediatamente em contato com as raízes das plantas. Ela é medida pelo potencial hidrogeniônico (pH) que mede a concentração de íons H^+ presentes na solução do solo.

- **Acidez trocável (Al^{3+}):** é a acidez gerada pela dissolução dos átomos de alumínio adsorvido de forma trocável às partículas do solo. Ele é facilmente deslocável pelo uso de um sal neutro para posterior determinação química.

- **Acidez titulável ($\text{H}+\text{Al}$):** é a acidez não trocável gerada por prótons não dissociados da matéria orgânica ou das arestas quebradas dos minerais de argila. Ela é determinada pela elevação do pH do solo das condições naturais até pH 7,0 pelo uso de um sal tamponado.

- **Capacidade de troca de cátions:** é a capacidade potencial de armazenamento de nutrientes catiônicos (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) na forma trocável que tem um solo quando seu pH é elevado das condições naturais até pH 7,0. Ele é expresso como CTC a pH 7,0 ou T. Quando o solo está em condição natural, sua CTC é comumente preenchida pelos cátions NH_4^+ (amônio, em quantidades mínimas), K^+ , Na^+ (importante em solos jovens ou salinos), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e H^+ . Nessa condição, se diz que a CTC é efetiva e representada por t.

- **Matéria orgânica:** a matéria orgânica do solo (MOS) é constituída por compostos orgânicos de estabilidade variada (especialmente húmica, ácido húmico e ácido fúlvico), por partículas orgânicas em diversos graus de mineralização, pelos restos de animais e vegetais e pela matéria presente na microbiota do solo. É a parte mais dinâmica do solo e é responsável por 56 a 82% da CTC. Apesar de a MOS variar de 6 a 45 g kg^{-1} de solo, sua CTC alcança de 100 a 250 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e tem forte impacto no balanço global de cargas elétricas do solo. A MOS é a principal fonte de N, S e B, além de ser reservatório provisório da maioria dos elementos essenciais. Sua presença no solo tem grande influência na estabilidade do ecossistema, na biodiversidade dos organismos do solo e no grau de

ciclagem dos nutrientes, aumentando a intensidade da resposta da adubação em produtividade, com menor dose e por maior tempo. Seu teor é o resultado do balanço histórico de entrada (deposição de material orgânico) e saída de carbono (mineralização), de modo que o manejo incorreto que reduz o aporte anual de matéria implica na redução da MOS e na menor sustentabilidade do solo. As frações mais leves da MOS são indicadores da qualidade do solo.

- **Saturação por bases (ou valor V):** é a razão percentual entre a soma de bases trocáveis ($SB = K^+$, Ca^{2+} e Mg^{2+}) e a CTC a pH 7,0 (ou T). Quando a saturação por bases é maior ou igual a 50%, o solo é definido como eutrófico; caso contrário é definido como distrófico. Do ponto de vista da fertilidade, solos eutróficos são mais favoráveis que os distróficos, pois a CTC a pH 7 é considerada a caixa de reserva de nutrientes do solo e quando volume de bases trocáveis é igual ou superior à metade da CTC, o solo tende a ser fértil.

- **Saturação por alumínio (ou valor m):** é a razão percentual entre o teor de Al^{3+} (acidez trocável) e a CTC efetiva (ou t) do solo. Quando o solo nativo tem saturação por Al maior ou igual a 50% na sua CTC natural, é definido como álico. Trata-se de um solo muito pobre em nutrientes, ácido e improdutivo, pois o teor de Al provoca restrição ao crescimento radicular das plantas cultivadas. Para ser explorado com sucesso, esse solo necessita de correção da acidez superficial com calcário e, na maioria dos casos, da subsuperficial, com gesso.

- **Correção do solo:** refere-se à correção de todos ou da maior parte dos atributos da fertilidade do solo. Nesse caso, faz-se a correção da acidez do solo e a correção dos teores de fósforo e potássio, que é normalmente referida como adubação corretiva. As principais práticas corretivas são denominadas calagem, gessagem, fosfatagem e potassagem. Práticas corretivas são caracterizadas por serem feitas a lanço e em área total.

a) Calagem: é a neutralização de toda a acidez trocável e de partes da acidez ativa e potencial até um nível de pH desejado para pleno crescimento e produção da cultura que se deseja explorar. A intensidade da correção depende da cultura trabalhada. Essa correção é feita com calcário (rocha calcária finamente moída que contém carbonato de cálcio e magnésio), quando se pretende corrigir a camada de 0 a 20 cm ou, eventualmente, até 30 cm de profundidade.

b) Gessagem: Para eliminar efeitos do alumínio tóxico em profundidade adicional, usa-se o gesso agrícola (resíduo da fabricação do superfosfato triplo) ou mineral (rocha de gipsita, que contém sulfato de cálcio bi-hidratado). Com o gesso, apenas a acidez trocável em profundidade é reduzida, com pouco ou nenhum efeito sobre os demais componentes da acidez do solo por ser o sulfato de cálcio um sal neutro. Ao mesmo tempo em que os teores de H^+ , Al^{3+} e $H+Al$ são reduzidos, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e o pH são aumentados, na camada arável. O gesso também atua como fonte de enxofre às culturas.

c) Fosfatagem: Refere-se à aplicação de fonte de fósforo (P) na forma de pó, em área total e em pré-plantio com o objetivo de elevar teores de P no solo (formas lábil e não lábil), de modo a viabilizar a rápida disponibilidade do P que será aplicado por meio de fertilizantes.

d) Potassagem: É a aplicação de potássio em área total, a lanço, seguida por incorporação com o objetivo de aumentar teores de potássio (K) em solos arenosos muito pobres em K. Não recomendada para solos extremamente arenosos devido aos riscos de lixiviação de potássio.

- **Adubação:** é a aplicação de nutrientes minerais e orgânicos no solo visando fornecer as quantidades adequadas e balanceadas de nutrientes de acordo com a necessidade das plantas. É realizada por ocasião do plantio, sendo denominada adubação de base e durante o crescimento das plantas, nas denominadas adubações de cobertura, de formação e de produção. A quantidade de nutrientes é definida por meio da análise de solo e de dados oriundos de ensaios de calibração, sendo as informações complementadas pelo histórico da área, pela relação econômica entre custo de insumos e custo do produto, e também pelo nível tecnológico do agricultor. Quando os elementos ou parte deles são aplicados em pulverizações foliares, juntamente ou não com os defensivos agrícolas, é chamada de *adubação foliar*, e quando os nutrientes são fornecidos por meio da água de irrigação, ela é chamada de *fertirrigação*.

3 Amostragem de solo

A fertilidade do solo está associada com o crescimento e desenvolvimento das plantas. Sua avaliação visa quantificar a capacidade dos solos suprirem os nutrientes para o ótimo desenvolvimento das culturas e é fundamental para direcionar o manejo adequado que resulte em produtividade econômica e na sustentabilidade ambiental da exploração agrícola.

A avaliação da fertilidade do solo envolve: i) coleta e preparo de amostras de solo para análise química; ii) coleta e preparo de amostras de tecido vegetal para análise química; iii) métodos de análise; iv) interpretação de resultados; v) recomendação de corretivos e fertilizantes. A coleta de amostras é o primeiro passo do qual irão depender todas as outras etapas do processo de avaliação da fertilidade do solo. Em virtude da grande variabilidade espacial que ocorre nos solos, são requeridas práticas criteriosas de amostragem para obtenção de um diagnóstico o mais exato possível.

- Fundamentos da amostragem

Quanto maior a variação encontrada em uma população a ser analisada, maior o número de indivíduos necessários para caracterizá-la. Técnicas de amostragem foram desenvolvidas devido à impossibilidade ou pequena praticidade de caracterizar populações a partir da análise de todos os indivíduos. Com a análise de todos os indivíduos de uma população é possível realizar testes estatísticos que resultam em médias e desvio padrão, mas ainda assim é possível que ocorram erros em virtude das medições realizadas. Quando se analisa uma amostra, são utilizados estimadores das estatísticas paramétricas, de modo que o valor médio que representa a população é resultado da média real (paramétrica) e do erro.

$$\bar{X} = \mu + E$$

Onde:

X = média estimada

μ = média real

E = erro

O erro (E) é constituído pelos erros de amostragem (E_{am}) e de determinação ou analítico (E_{an}).

$$E = E_{am} + E_{an}$$

Erros de amostragem são decorrentes do número insuficiente de indivíduos amostrados; já os erros de determinação ou analíticos são decorrentes do método de medição e podem ser causados por problemas em equipamentos ou por falhas dos operadores que executam as análises. De modo geral, erros analíticos são bem menores que os erros de amostragem para análises de solo, pois os bons laboratórios apresentam erros analíticos menores que 5%.

A coleta de amostras que realmente sejam representativas do solo é fundamental, pois amostras não representativas da população, por melhor que seja o laboratório, não permitem que se aproxime da média real dos atributos analisados.

- Fundamentos da amostragem de solo

É importante considerar que na amostragem, aproximadamente 200 g de solo são coletados no campo e levados para o laboratório onde cerca de 10 cm³ serão utilizados na execução das análises químicas. Isso representa apenas 5 10⁻⁹ cm³ do volume de solo contido em um hectare na profundidade de 0-20 cm.

O solo é definido como uma população naturalmente heterogênea, com grande variabilidade vertical e horizontal decorrente de processos pedogenéticos, da mineralogia, da vegetação, da topografia e da atividade antrópica. A heterogeneidade horizontal macrovariada é observada na paisagem a partir de diferenças na vegetação, na textura, na cor, na drenagem e no tipo de uso. Já a heterogeneidade horizontal (meso e microvariada) está ligada ao preparo do solo, à aplicação localizada de fertilizantes ou à deposição de resíduos orgânicos. A heterogeneidade horizontal (meso e microvariada) é mais relevante para culturas de ciclo curto do que para culturas perenes como as fruteiras e essências florestais que são mais eficientes na exploração do solo pelo sistema radicular.

Solos também são heterogêneos verticalmente em virtude de processos pedogenéticos e essa heterogeneidade se concretiza pela organização em horizontes com transição difusa ou abrupta. O manejo também pode contribuir com a variabilidade vertical em decorrência de adubações localizadas, mecanização e tendências de crescimento do sistema radicular.

Alguns autores afirmam que a variabilidade do solo não depende da extensão da área e que o mesmo número de amostras simples deve ser coletado para caracterizar uma área de um hectare e uma área de 500 m². Outros autores defendem que a variabilidade depende do tamanho da área e que áreas maiores precisam de maior número de amostras simples. Existe uma equação que permite determinar o número de amostras simples ideal para representar efetivamente um atributo do solo cuja variância (CV) é conhecida.

$$N = \left[\frac{t_{\alpha} CV}{f} \right]^2$$

Onde:

N = número de subamostras

t = valor tabelado do teste t de Student para determinado valor α de probabilidade

CV = coeficiente de variação

f = intervalo de confiança em relação à média

Entretanto, a variabilidade dos atributos de solo não é uniforme e isso pode ser comprovado em trabalhos que mostram menor variabilidade verificada nas medidas de pH e maior variabilidade verificada nas medidas de fósforo (P) e potássio (K).

Para determinar o coeficiente de variação dos atributos de solo que são analisados em laboratório é preciso calcular a média aritmética de resultados de cada amostra que foi coletada. Nos procedimentos de rotina isso é inviável, pois representa um número muito grande de amostras a serem analisadas, implicando em alto custo e maior tempo requerido para execução das análises. Assim, o mais conveniente é determinar os atributos em uma subamostra retirada de amostra composta pela mistura de amostras simples (Figura 1).

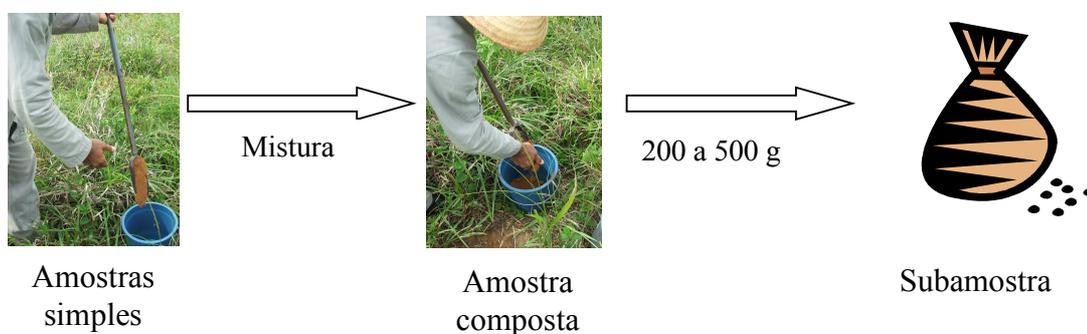


Fig. 1. Mistura de amostras simples para compor amostra composta e subamostra

A análise da subamostra de amostra composta não permite determinar o coeficiente de variação dos atributos avaliados. Nesse caso, valores médios dos atributos dependem do número representativo de amostras simples coletadas com mesmo volume e que tenham sido muito bem homogeneizadas.

- Procedimento da amostragem de solo

a) Dividir a área em glebas ou talhões homogêneos

Essa divisão deve ser fundamentada nas macrovariações visíveis, na topografia, cobertura vegetal natural, no uso agrícola, na textura e cor do solo, na drenagem e no histórico de manejo e produtividade (Figura 2). Quando a área homogênea for muito extensa, poderá ser subdividida em áreas de até 10 hectares.

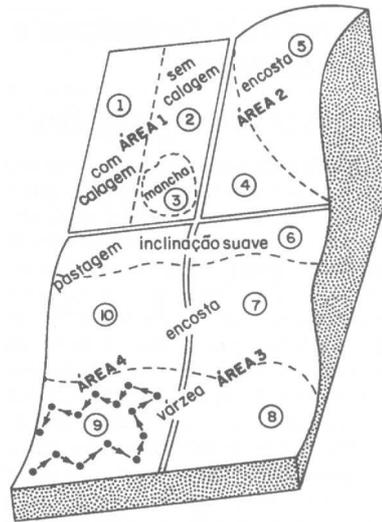


Fig. 2. Separação de áreas uniformes e caminhamento para coleta de amostras simples. Fonte: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO- RS/SC (1995).

b) Número de amostras simples

Com base na equação para determinação do número de amostras simples e no coeficiente de variação para os principais atributos analisados, devem ser coletadas de 10 a 20 ou 20 a 40 amostras simples. Nunca coletar menos de 10 pontos e aumentar o número de amostras simples caso seja observada maior variabilidade. Geralmente a variabilidade aumenta com a intensificação do uso agrícola devido à aplicação de corretivos e fertilizantes (incorporados ou não, de forma localizada ou não) e à decomposição localizada de resíduos orgânicos. Essa situação é agravada no sistema de plantio direto (SPD) porque o solo não é homogeneizado por meio da aração e gradagem, e ainda pode ser mais intensa em solos argilosos e de baixada.

c) Ferramentas

Diferentes ferramentas podem ser utilizadas, dentre elas: trado de rosca, trado calador, trado holandês e a pá-de-corte ou pá-reta (Figuras 3 e 4). A ferramenta adequada deve ter as seguintes características: permitir coleta de pequena quantidade e o mesmo volume de solo, ser de fácil limpeza, viabilizar a coleta em diferentes tipos de solo, ser constituída por material resistente e durável, ser de fácil uso e permitir rápida coleta das amostras.

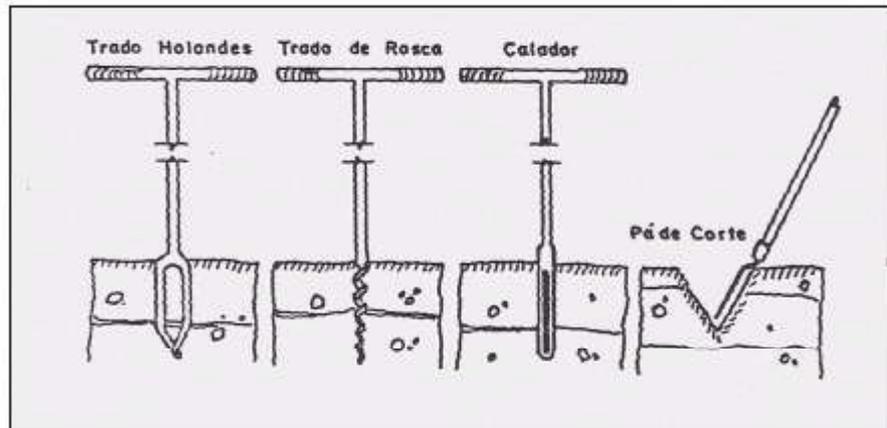


Fig. 3. Equipamentos manuais usados para amostragem de solo. Fonte: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/solamostra.htm>



Fig. 4. Coleta de solo com uso de pá comum e facão de corte. Faz. Bamerindus, Boa Vista, 2006.

d) Profundidade de amostragem

Para culturas anuais e pastagem em fase de estabelecimento, devem ser coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Em pastagens já estabelecidas, a profundidade de 0 a 20 cm é considerada suficiente. Já para espécies perenes (frutíferas e essências florestais), se recomenda amostrar nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm.

d) Caminhamento na área para coleta

O caminhamento deve ser em zigue-zague, evitando os pontos que estão em formigueiros, cupinzeiros, locais de queimadas, locais com excrementos de animais. É necessário retirar a camada superficial de resíduo vegetal que recobre o solo para então efetuar a tráfegem.

e) Sistema de plantio direto (SPD)

De acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRS, 1994), os critérios para amostragem de solo no SPD são os seguintes:

i) Adubação a lanço: amostragem igual ao sistema convencional, ao acaso, usando trado ou pá de corte;

ii) Fase de implantação (até 5 anos): amostrar com pá-de-corte, perpendicular ao sentido da linha, uma faixa correspondente à largura da entrelinha da cultura com maior espaçamento introduzida no último ano agrícola (Figura 5). Deve ser retirada uma fina fatia de solo (aproximadamente 5 cm) em 10 a 12 locais por gleba para formar uma amostra composta.

iii) Fase estabelecida (mais de 5 anos), com adubação em linha: amostrar com pá-de-corte, perpendicular ao sentido da linha, uma faixa correspondente à largura da entrelinha da última cultura (Figura 5). Coletar 8 a 10 locais por gleba para formar uma amostra composta.

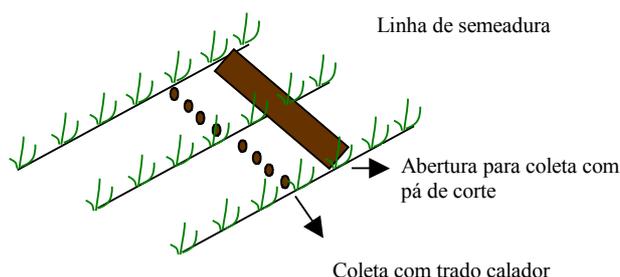


Fig. 5. Indicação do local de coleta de amostras simples com pá de corte ou com trado em área de plantio direto com adubação localizada.

f) Sistema de plantio convencional com adubação localizada

Há concentração de fertilizante na faixa de aplicação e amostras simples devem ser coletadas tanto da faixa direta de influência dos fertilizantes quanto das entrelinhas. Como exemplo, considerar plantio com espaçamento entre linhas de 80 cm e com influência da adubação em 20 cm. Nesse caso, $\frac{1}{4}$ (20/80) das amostras devem ser retiradas da faixa direta de influência da adubação e os $\frac{3}{4}$ restantes devem ser retirados das entrelinhas (Figura 6).

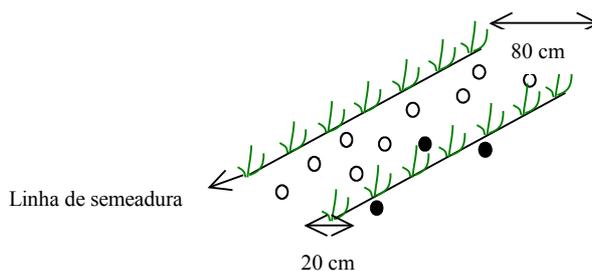


Fig. 6. Indicação do local de coleta de amostras simples com trado em área de plantio convencional com adubação localizada

g) Perenes (fruteiras e essências florestais)

Amostras simples devem ser coletadas na área de projeção da copa onde são aplicados os fertilizantes e onde há maior influência da ciclagem de nutrientes em virtude da queda de folhas. Coletas de amostras nas entrelinhas somente são justificadas caso sejam feitos plantios intercalares (Figura 7).

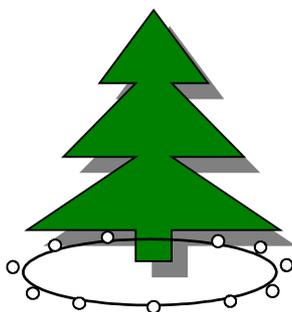


Fig. 7. Indicação do local para coleta de amostras simples em espécies perenes arbóreas.

h) Armazenamento das amostras

As amostras simples devem ser colocadas preferencialmente em baldes plásticos muito bem limpos para evitar contaminações. Após misturar as amostras simples, é obtida a amostra composta da qual serão tomados 300 a 500 g para serem colocados em sacos plásticos limpos e identificados. A identificação dos sacos plásticos deve conter dados sobre o nome da área, profundidade e cultura. O número de amostras compostas será igual ao número de glebas e profundidades.

4 Métodos de análise de solo

A análise química é a forma mais difundida e utilizada para avaliação da fertilidade do solo por apresentar as seguintes vantagens: as análises são rápidas, podem ser feitas em qualquer época do ano, apresentam custo relativamente baixo, oferecem boa precisão nas determinações, os resultados podem ser aplicados à cultura durante todo ano e permitem o levantamento regional das condições de fertilidade do solo.

Muitas são as alternativas de métodos de análise de solo. Nos estudos de correlação são avaliados diferentes métodos de extração de nutrientes do solo. Teoricamente, a extração em laboratório deve refletir a quantidade de nutrientes que as plantas conseguiriam absorver. Os extratores químicos empregados nos laboratórios atuam por substituição e/ou deslocamento de cátions e ânions ou dissolução seletiva de substâncias minerais e orgânicas. Já as raízes das plantas atuam por depleção da solução do solo e/ou por excreção de substâncias que tornam a rizosfera um local favorável para maior solubilidade de nutrientes.

O extrator químico mais indicado é aquele que apresenta melhor correlação entre nutriente extraído do solo vs. nutriente absorvido pela planta. Dentre os extratores químicos utilizados, destacam-se Mehlich-1, resina trocadora de íons, Bray-2, Olsen, Morgan. Os programas de análise de solo no Brasil têm adotado principalmente a resina trocadora de íons e Mehlich-1.

- Resina trocadora e íons e Mehlich-1 como extratores

A resina é um material composto por pequenas esferas porosas que apresentam estrutura matricial de cadeias de poliestireno. O processo de extração ocorre em meio aquoso no qual o solo é misturado à resina e permanece em agitação por 16 horas. O uso da mistura

entre resina catiônica e aniônica viabiliza a extração de fósforo, cálcio, magnésio e potássio.

O extrator Mehlich-1 foi desenvolvido em 1953 por Adolph Mehlich para a Divisão de Análise de Solo do Departamento de Agricultura da Carolina do Norte. Com o extrator, que é preparado à base de mistura entre ácido sulfúrico (0,125 M) e clorídrico (0,05 M), é possível determinar fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, manganês, cobre e boro. Existem indicativos de que o extrator é adequado para solos ácidos e com baixa CTC.

Os extratores Mehlich-1 e resina trocadora de íons apresentam vantagens e desvantagens quanto à praticidade das determinações, custos e resultados. Determinações realizadas com Mehlich-1 são consideradas mais práticas e com menor custo em relação às determinações realizadas a partir da extração com resina. Entretanto, um importante diferencial entre os métodos se refere à extração de fósforo. Extratores ácidos, como o Mehlich-1, retiram do solo maior quantidade de fósforo ligado a cálcio e retiram pequena quantidade do elemento que está ligado a ferro e alumínio (Kamprath & Watson, 1980). Solos brasileiros são ricos em óxidos de ferro e alumínio, de modo que o extrator ácido pode subestimar o fósforo disponível às plantas. Por outro lado, o extrator ácido superestima a disponibilidade de fósforo em solos adubados com fosfatos naturais de baixa solubilidade que possuem maior parte do fósforo ligado a cálcio.

Para interpretar resultados de teores de nutrientes no solo (principalmente fósforo), é preciso observar qual extrator foi utilizado na análise química. A interpretação dos teores de fósforo determinados a partir do extrator Mehlich-1 deve ser feita de forma criteriosa a partir do conhecimento das características do solo analisado, bem como do manejo adotado quanto às práticas de correção e adubação com fósforo.

- Uso de resina e Mehlich-1 no Brasil

Em 1983 a resina trocadora de íons passou a ser utilizada nos laboratórios que executam o Sistema IAC de Análise de Solo. No ano de 2007 foram credenciados para execução do Sistema IAC de Análise de Solo 68 laboratórios no estado de São Paulo, dois no Espírito Santo, seis em Minas Gerais, três em Goiás, dois no Mato Grosso, um no Maranhão, dois no Paraná, um em Fortaleza e um no exterior (Uruguai). Na região norte somente um laboratório no estado do Pará utiliza o Sistema IAC de Análise de Solo, mas não executa a prestação de serviços para clientes externos.

O Mehlich-1 vem sendo utilizado no Brasil nos laboratórios que seguem o Método Embrapa de Análise de solo, principalmente para extração de fósforo e potássio. De acordo com informações que constam do Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF) da Embrapa, há mais de 90 laboratórios em 25 Estados brasileiros que adotam o Método Embrapa de Análise de Solo.

O método de análise utilizado influencia na interpretação dos resultados e na recomendação de adubação. Na Tabela 1 são apresentadas diferenças e semelhanças entre os principais métodos de análise de solo atualmente empregados no Brasil.

Tabela 1. Principais diferenças e semelhanças na extração e unidades de expressão de atributos químicos do solo no Sistema IAC e Método Embrapa de análise de solo

Atributo químico	Sistema IAC	Método Embrapa
pH	Determinado em solução de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$	Determinado em água
Matéria orgânica	Método colorimétrico calibrado pelo método de Walkley-Black. Expressa em g dm^{-3}	Método colorimétrico calibrado pelo método de Walkley-Black. Expressa em g kg^{-1}
Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)	Extração com resina trocadora de íons ou por outros extratores (KCl 1 mol L^{-1} ou Acetato neutro de amônio). Expresso em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Extração com KCl 1 mol L^{-1} . Expresso em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Potássio (K)	Extração com resina trocadora de íons ou outros extratores (Acetato neutro de amônio, ácido sulfúrico $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ou Mehlich-1). Expresso em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.	Extração com Mehlich-1. Expresso em mg dm^{-3} .
Fósforo (P)	Extração com resina trocadora de íons. Expresso em mg dm^{-3} .	Extração com Mehlich-1. Expresso em mg dm^{-3} .
Alumínio (Al) trocável	Extraído com KCl 1 mol L^{-1} . Expresso em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.	Extraído com KCl 1 mol L^{-1} . Expresso em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Fonte: Ensaio de proficiência IAC para laboratórios de análise de solo (2008) e PAQLF (2008).

5 Interpretação da análise do solo

A interpretação da análise de solo e a adubação para as diferentes culturas são definidas por meio de pesquisas de campo com foco nas culturas mais exploradas ou potencialmente mais importantes para cada região. Em geral, a fertilidade do solo é interpretada pelo enquadramento de seus atributos em classes de teores determinadas experimentalmente e definidas como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. A quantidade dos nutrientes a serem aplicados no solo, visando aumento ou manutenção de teores, é determinada a partir de ensaios de curvas de resposta à adubação para cada cultura em diferentes solos e ambientes.

No Brasil, há recomendações elaboradas para Estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No Nordeste, apenas os estados da Bahia, Ceará e Pernambuco têm critérios de recomendação de adubação atualizados. Na região Norte, apenas o Acre emitiu recentemente sua primeira aproximação. Na ausência de volume de dados suficientes para caracterizar a resposta à adubação da maioria das culturas e na ausência de normas oficiais de interpretação e recomendação de corretivos e adubos, têm sido aplicadas no Estado de Roraima as recomendações expedidas para a região do Cerrado brasileiro (Sousa & Lobato, 2004), para o estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e para o Estado de São Paulo (Raij et al. 1997).

A utilização dos boletins locais para recomendar calagem e adubação exige a análise crítica por parte dos técnicos para interpretar os resultados e recomendar calagem e adubação. A extrapolação de recomendações de uma região para outra, exige análise muito mais crítica e criteriosa.

Na interpretação da análise do solo há três pressuposições básicas que devem ser consideradas: i) há relação direta e positiva entre a aplicação de fertilizantes no solo e o aumento no teor de nutrientes que possam ser recuperados pelas plantas ou pelo método de extração utilizado. O teor de nutrientes extraído quimicamente tem estreita relação com o nutriente absorvido e acumulado na planta; ii) há relação direta e positiva entre o aumento dos teores disponíveis ou trocáveis dos nutrientes no solo e sua absorção pela planta, alterando os teores foliares; iii) há relação direta e positiva entre o teor acumulado no tecido vegetal e a produtividade da planta.

Por conseqüência dessas relações, a aplicação de determinados nutrientes no solo por meio da adubação eleva a produtividade até atingir o máximo potencial produtivo da cultura. A evolução dos teores de nutrientes em função do uso de fertilizantes pode ser acompanhada pela análise do solo. A relação entre teores de nutrientes no solo e produtividade das culturas é o princípio para a interpretação de resultados de análise.

As classes de teores de nutrientes no solo são definidas como: muito baixo, baixo, médio alto e muito alto. Essas classes, de forma generalizada, são estabelecidas quando permitem, para a maioria das culturas, as seguintes faixas de alcance da produtividade relativa: 0 a 70 %; 71 a 90 %; 91 a 100 %; maior que 100% e muito superior a 100% (Tabelas 2, 3, 4 e 5). É necessário observar que esses valores devem ser definidos a partir de dados de pesquisas locais, com o uso das tecnologias adotadas regionalmente. Além disso, os extratores usados têm que ser padronizados para que as análises feitas em laboratórios diferentes gerem valores comparáveis nos mesmos solos.

Tabela 2. Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de rotina de solos em uso nos laboratórios do Estado de São Paulo

Atributos	Produção Relativa (%)				
	0-70	71-90	91-100	>100	>>>100
	Teor no solo				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
----- mg dm ⁻³ -----					
Fósforo (P)					
- culturas florestais	0-2	3-5	6-8	9-16	>16
- culturas perenes	0-5	6-12	13-30	31-60	>60
- culturas anuais	0-6	7-15	16-40	41-80	>80
- hortaliças	0-10	11-25	26-60	61-120	>120
S-SO ₄ ²⁻	-	0-4	5-10	>10	-
----- mmol _c dm ⁻³ -----					
K ⁺ trocável	0,0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
Ca ²⁺ trocável	-	0-3	4-7	>7	-
Mg ²⁺ trocável	-	0-4	5-8	>8	-
----- mg dm ⁻³ -----					
Boro (B)	-	0-0,20	0,21-0,60	>0,60	-
Cobre (Cu)	-	0-0,2	0,3-0,8	>0,8	-
Ferro (Fé)	-	0-4	5-12	>12	-
Manganês (Mn)	-	0-1,2	1,2-5,0	>5,0	-
Zinco (Zn)	-	0-0,5	0,6-1,2	>1,2	-
Acidez	Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa
pH 1:2,5 (CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹)	Até 4,3	4,4-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	>6,0
Saturação por bases	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
V (%)	0-25	26-50	51-70	71-90	>90

OBS.: Extratores: P, K, Ca, Mg = resina; S = fosfato de cálcio; B=água quente; Cu, Fe, Mn e Zn = DTPA; mmol_c dm⁻³ = cmol_c dm⁻³ x 10; mg dm⁻³ de K⁺ = mmol_c dm⁻³ de K⁺ x 39,1
 Fonte: Modificado de Rajj et al. (1997).

Tabela 3. Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de rotina de solos no Estado de Minas Gerais

Atributos	Produção relativa (%)				
	0-50	51-70	71-90	91-100	>100
	Teor no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				
Ca ²⁺ trocável	<0,40	0,41-1,21	1,21-2,40	2,41-4,00	>4,00
Mg ²⁺ trocável	<0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	>1,50
Al ³⁺ trocável	<0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00	>2,00
Acidez potencial (H +Al)	<1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00	>9,00
Soma de bases (SB= Ca+Mg+K)	<0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	>6,00
CTC efetiva (t) (t=SB +Al)	<0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	>8,00
CTC a pH 7 (T=SB+H +Al)	<1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,00	>15,00
K disponível	< 0,04	0,04-0,10	0,10-0,18	0,18-0,31	>0,31
	----- mg dm ⁻³ -----				
P disponível					
- Solos c/ argila: 60 -100%	<2,7	2,8-5,4	5,5-8,0	8,1-12,0	> 12,0
- Solos c/ argila: 35 - 60%	<4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
- Solos c/ argila: 15-35%	<6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
- Solos c/ argila: 0 - 15%	<10,0	10,1-12,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
	----- % -----				
Saturação por Al ³⁺ (m=100xAl ³⁺ /t)	<15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0	>75,0
Saturação por bases (V=100xSB/T)	<20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	>80,0
	----- % -----				
Matéria orgânica (dag/ kg)	≤0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01 -7,00	> 7,00
	Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto
pH em água	<4,5	4,5-5,4	5,5-6,0	6,1-7,0	>7,0

OBS.: a) mmol_c dm⁻³ = cmol_c dm⁻³ x 10; K⁺ (mmol_c dm⁻³) = mg dm⁻³/39,1; dag/kg = %; b) Extratores: Ca, Mg, Al = KCl 1 mol L⁻¹; P, K=Mehlich-1; H+Al = solução tampão SMP ou Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹
 Fonte: Alvarez V. (1999), com adaptações.

Tabela 4. Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de rotina de solos nos cerrados brasileiros – Parte 1

Atributos	Produção relativa (%)				
	0-25	25-50	50-75	75-100	>100
	Teor no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				
Ca ²⁺ trocável (0-20 cm)	-	<1,5	-	1,5-7,0	>7,0
Ca ²⁺ trocável (>20 cm)	<0,1	0,1 a 0,5	-	>0,5	-
Mg ²⁺ trocável (0-20 cm)	-	<0,5	-	0,5-2,0	>2,0
Al ³⁺ trocável	Variável com a CTC a pH 7,0 do solo				
Acidez potencial (H+Al)	Variável com a matéria orgânica do solo				
Soma de bases (SB= Ca+Mg+K)	Variável com a CTC a pH 7,0 do solo				
	CTC a pH 7 (T=SB+H+Al)				
- Solos c/ argila: 0 - 15%		<3,2	3,2-4,0	4,1-6,0	>6,0
- Solos c/ argila: 15 - 35%		<4,8	4,8-6,0	6,1-9,0	>9,0
- Solos c/ argila: 60 -100%		<7,2	7,2-9,0	9,1-13,5	>13,5
- Solos c/ argila: 35 - 60%		<9,6	9,6-12,0	12,1-18,8	>18,8
K disponível	----- mg dm ⁻³ -----				
- solo com T < 4 cmol _c /dm ³		≤ 15	16-30	31-40	>40
- solo com T ≥ 4 cmol _c /dm ³		≤25	26-50	51-80	>80
P disponível (Mehlich-1)	----- mg dm ⁻³ -----				
	Condição de sequeiro				
- Solos c/ argila: 0 - 15%	0,0-6,0	6,1-12,0	12,1-18,0	18,1-25,0	>25,0
- Solos c/ argila: 15 - 35%	0,0-5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20,0
- Solos c/ argila: 35 - 60%	0,0-3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	>12,0
- Solos c/ argila: 60 -100%	0,0-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-6,0	>6,0
	Condição de Irrigação				
- Solos c/ argila: 0 - 15%	0,0-12,0	12,1- 18,0	18,1-25,0	25,1-40,0	>40,0
- Solos c/ argila: 15 - 35%	0,0 a 10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-30,0	>30,0
- Solos c/ argila: 35 - 60%	0,0 a 5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	>18,0
- Solos c/ argila: 60 -100%	0,0 a 3,0	3,1-4,0	4,1-6,0	6,1-9,0	>9,0
P disponível (Resina)					
- Condição de sequeiro	0-5	6-8	9-14	15-20	>20
- Condição irrigada	0-8	9-14	15-20	21-35	>35

OBS.: a) mmol_c dm⁻³ = cmol_c dm⁻³ x 10; K⁺ (mmol_c dm⁻³) = mg dm⁻³/39,1; dag kg⁻¹ = %; b) Extratores: Ca, Mg, Al = KCl 1 mol L⁻¹; P, K=Mehlich-1; H+Al = solução tampão SMP ou Acetado de cálcio 0,5 mol L⁻¹.

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004)

Tabela 5. Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de rotina de solos nos cerrados brasileiros – Parte 2

Atributos	Produção relativa (%)				
	0-25	25-50	50-75	75-100	>100
Teor no solo					
Saturação por Al ³⁺ ($m=100 \times Al^{3+}/t$)	----- % -----				
		Baixa	Alta	Muito alta	
		<20	20-60	>60	
Saturação por bases ($V=100 \times SB/T$)	Baixa	Média	Adequada	Alta	Muito alta
	≤20	21-35	36-60	61-70	≥71
Matéria orgânica (dag/kg)	----- % -----				
- Solos c/ argila: 0 - 15%	<0,8	0,8-1,0	1,1-1,5	>1,5	
- Solos c/ argila: 15 - 35%	<1,6	1,6-2,0	2,1-3,0	>3,0	
- Solos c/ argila: 60 -100%	<2,4	2,4-3,0	3,1-4,5	>4,5	
- Solos c/ argila: 35 - 60%	<2,8	2,8-3,5	3,6-5,2	>5,2	
Acidez ativa	Baixa	Média	Adequada	Alta	Muito alta
pH em água	≤5,1	5,2-5,5	5,6-6,3	6,4-6,6	≥6,7
pH em CaCl ₂ 0,01 M	≤4,4	4,5-4,8	4,9-5,5	5,6-5,8	≥5,9

OBS.: dag/kg = %;

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004)

Para as condições de Roraima ainda não foram estabelecidos valores para interpretação dos atributos medidos nas análises de solo, nem recomendação específica de calagem e adubação. Neste caso, valores podem ser definidos com base na experiência local, combinada com as informações das tabelas elaboradas em outras regiões do país.

Em Roraima há predomínio de Latossolos e Argissolos nas áreas altas, enquanto que nas áreas inundáveis predominam Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos. Os solos são ácidos e pobres em nutrientes e a ocorrência de solos férteis é rara. Assim, o uso de critérios já emitidos para regiões com ocorrência de solos similares é uma aproximação razoável que deve ser encorajada. Os boletins de Minas Gerais (Tabela 2) e para solos de Cerrado (Tabelas 3 e 4) são favoráveis, principalmente para interpretação e recomendação de fósforo, por trabalharem com extratores similares aos usados no estado de Roraima. Essa forma de interpretação já foi utilizada por Melo et al. (2005) para classificar e interpretar a ocorrência mais comum dos solos das regiões de lavrado e mata, para os diferentes atributos de fertilidade e de física dos solos do Estado.

Os limites de interpretação para os teores de enxofre e micronutrientes sugeridos para uso em Roraima também podem ser baseados nos limites estabelecidos nos Estados de São Paulo (Tabela 2), Minas Gerais (Tabela 3) e para todo o cerrado (Tabela 6).

Tabela 6. Limites de interpretação para enxofre e micronutrientes disponíveis usados nos estados de Minas Gerais e nos cerrados brasileiros

Elemento	Muito baixo	Baixo	Média	Bom	Alto
----- mg/dm ³ -----					
Estado de Minas Gerais					
Boro ⁽¹⁾	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60 ⁽⁴⁾	0,61-0,90	>0,90
Cobre ⁽²⁾	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	>1,8
Ferro ⁽²⁾	≤ 8	9-18	19-30	31-45	>45
Manganês ⁽²⁾	≤ 2	3-5	6-8	9-12	>12
Zinco ⁽²⁾	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	>2,2
Cerrado brasileiro					
Boro ⁽¹⁾		<0,2	0,3-0,5		>0,5
Cobre ⁽²⁾		<0,4	0,5-0,8		>0,8
Manganês ⁽²⁾		<1,9	2,0-5,0		>5,0
Zinco ⁽²⁾		<1,0	1,1-1,6		>1,6
Enxofre ⁽³⁾		≤ 4	5 - 9		≥ 10

(1) Extração com água quente; (2) Extração com Mehlich-1; (3) Extração com Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L, relação solo:extrator de 1:2,5 e enxofre = (teor da camada de 0 a 20 cm + a de 20 a 40 cm)/2.

Segundo Melo et al. (2005), os solos de Roraima são caracterizados por muito baixo ou baixo pH (>50% das amostras dos perfis representativos dos solos do Estado), teores tóxicos de alumínio trocável (> 0,3 cmol_c dm⁻³ em mais de 70% das amostras) e baixíssimos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de baixa soma de bases. São solos que precisam de correção da acidez e de adubação corretiva para sua incorporação no processo produtivo moderno.

Em geral, os limites de interpretações são estabelecidos para culturas anuais. Há diferenças nas exigências nutricionais entre espécies e até mesmo entre cultivares de uma mesma espécie. Culturas anuais, em virtude de seu ciclo curto, exigem manejo da adubação que viabilize o máximo aproveitamento dos nutrientes em pouco tempo. Entretanto, alguns cultivares podem ser mais exigentes que outros, necessitando maior

quantidade de nutrientes para atingir o máximo potencial produtivo. Para espécies perenes e semi-perenes, se deve considerar a ciclagem de nutrientes ao longo do tempo influenciando o manejo da adubação. É preciso, então, ficar atento ao grupo de culturas com a qual se vai trabalhar para que a interpretação da fertilidade do solo seja adequada às exigências nutricionais.

6 Corretivos e fertilizantes

É fundamental conhecer as principais características dos corretivos e fertilizantes para garantir o manejo adequado da adubação a partir da interpretação de resultados de análise de solo. A seguir são descritos conceitos importantes referentes às características de corretivos e fertilizantes.

- **Corretivos:** Produtos que contém substâncias capazes de corrigir uma ou mais características do solo que sejam desfavoráveis às plantas. Podem ser corretivos da acidez, de alcalinidade, de salinidade, melhoradores ou condicionadores de solo. Os calcários são considerados corretivos da acidez do solo e podem ser de três tipos: tradicional, “filler” e calcinado. Outros corretivos da acidez considerados são: cal virgem agrícola, cal hidratada agrícola, carbonato de cálcio e as escórias industriais.

Calcário tradicional: obtido pela moagem de rocha constituída por carbonato de cálcio e de magnésio. É classificado de acordo com o teor de carbonato de magnésio (Tabela 7).

Tabela 7. Classificação de calcários de acordo com teores de carbonato de magnésio

Classe de calcário	Teor de carbonato de magnésio (MgCO ₃)
Calcítico	< 5%
Magnesianos	5 a 12%
Dolomíticos	> 12%

Fonte: Adaptado de Vitti & Luz (2001)

Calcário “filler”: produto micropulverizado, com 100% de reatividade.

Calcário calcinado: produto obtido industrialmente pela calcinação parcial da rocha calcária. Constituído por CaCO₃ e MgCO₃ não decompostos do calcário; CaO, MgO, Ca(OH)₂ e Mg(OH)₂.

Cal virgem agrícola: produto obtido industrialmente pela calcinação ou queima completa do calcário. Constituído por CaO e MgO.

Cal hidratada agrícola (cal extinta): obtido industrialmente pela hidratação da cal virgem. Constituída por Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 .

Carbonato de cálcio: obtido a partir da moagem de depósitos terrestres ou marinhos de carbonato de cálcio.

Escórias industriais: podem ser de siderurgia ou da indústria de papel e celulose.

Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT): define a eficiência neutralizante dos corretivos e depende de seu poder de neutralização (PN) e de sua reatividade (RE).

Poder de neutralização (PN): indica a capacidade potencial ou teórica do corretivo para neutralizar a acidez dos solos. Depende do teor e da natureza química do neutralizante.

Reatividade (RE): expressa a velocidade de manifestação do poder de neutralização do calcário. Depende da granulometria de modo que, material mais fino tem maior reatividade que o material mais grosseiro.

- Fertilizantes: Substâncias fornecedoras de um ou mais nutrientes às plantas. Subdivididas quimicamente como fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais.

Fertilizantes minerais: constituídos por compostos inorgânicos e orgânicos (que contém carbono) de origem sintética (Ex.: uréia). Subdivididos em três classes: simples, mistos e complexos.

Fertilizantes simples: Constituídos por um composto químico contendo um ou mais nutrientes. Classificados em nitrogenados, fosfatados, potássicos, cálcicos, magnesianos, sulfurados. Podem conter micronutrientes dependendo dos nutrientes que os constituem. Os principais fertilizantes simples são apresentados nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Tabela 8. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples nitrogenados

Fertilizante simples	Garantia mínima
Amônia anidra	82% N
Aquamônia	16-21% N
Nitrato de potássio	13% N; 44% K ₂ O
Nitrato de sódio	16% N
Nitrato de amônio	34% N
Sulfonitrato de amônio	25-26% N; 13-15% S
Cloreto de amônio	25% N
Nitrato de cálcio	14% N; 18-19% Ca
Sulfato de amônio	20% N; 24% S
Uréia	45% N
Cálcio-cianamida	21% N; 27% Ca
Nitrocálcio	22-27% N; 4-15% Ca; 0-4% Mg

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Tabela 9. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples fosfatados

Fertilizante simples	Garantia mínima
Fosfato natural (apatitas)	24% P ₂ O ₅ total; 23-27% Ca
Fosfato natural reativo (fosforitas)	27% P ₂ O ₅ total; 30-34% Ca
Acido fosfórico	54% P ₂ O ₅
Superfosfato simples	18% P ₂ O ₅ ; 18-20% Ca; 11-12% S
Superfosfato triplo	44% P ₂ O ₅ ; 14% Ca
Fosfato monoamônico (MAP)	48% P ₂ O ₅ ; 9% N
Fosfato diamônico (DAP)	45% P ₂ O ₅ ; 16% N
Fosfato monopotássico	51% P ₂ O ₅ ; 33% K ₂ O
Fosfato decantado	14% P ₂ O ₅ ; 14% Ca
Termofosfato magnesiano	17% P ₂ O ₅ ; 7% Mg; 18-20% Ca

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Tabela 10. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples potássicos

Fertilizante simples	Garantia mínima
Cloreto de potássio	58% K ₂ O; 45-48% Cl
Sulfato de potássio	48% K ₂ O; 15% S
Nitrato de potássio	44% K ₂ O; 12% N

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Tabela 11. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples cálcicos

Fertilizante simples	Garantia mínima
Carbonato de cálcio	36% Ca
Óxido de cálcio	64% Ca
Hidróxido de cálcio	48% Ca
Cloreto de cálcio	24% Ca; 43% Cl
Nitrato de cálcio	18-19% Ca; 14% N
Sulfato de cálcio	17-20% Ca; 14-17% S

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Tabela 12. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples magnesianos

Fertilizante simples	Garantia mínima
Carbonato de magnésio	25-27% Mg
Óxido de magnésio	45-54% Mg
Sulfato de magnésio	9% Mg; 12-14% S
Cloreto de magnésio	10% Mg; 34% Cl

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Tabela 13. Garantias mínimas dos principais fertilizantes simples sulfurados

Fertilizante simples	Garantia mínima
Enxofre elementar	95% de S

Fonte: Adaptato de Alcarde (2007)

Fertilizantes mistos: constituídos da mistura de dois ou mais nutrientes resultantes da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples. Representados por fórmulas contendo três números em linha horizontal, separados por traços (Ex.: 04-14-08). Os números representam as porcentagens de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), respectivamente. Podem ser encontrados na forma de pó ou podem ser granulados. Os granulados podem ser encontrados como mistura de grânulos (nutrientes em grânulos distintos) ou em mistura granulada (nutrientes estão no mesmo grânulo, fisicamente incorporados).

Fertilizantes complexos: constituídos de dois ou mais nutrientes resultantes de processamento tecnológico de dois ou mais fertilizantes simples, em que se formam produtos químicos diferentes.

Fertilizantes orgânicos: constituídos por compostos orgânicos de origem natural (vegetal ou animal). Geralmente apresentam baixa concentração de nutrientes (Tabela 14).

Tabela 14. Teores de macronutrientes normalmente encontrados em fertilizantes orgânicos (sem secar)

Fertilizante orgânico	C/N	Umidade	Macronutrientes				
			N	P	K	Ca	Mg
-----g kg ⁻¹ -----							
Esterco bovino fresco	20	620	5	2,6	6	2	1
Esterco bovino curtido	21	340	15	12	21	20	6
Esterco de galinha	10	550	14	8	7	23	5
Esterco de porco	9	780	7	2	5	12	3
Composto de lixo	27	410	6	2	3	11	1

Fonte: Adaptado de Rajj et al. (1997).

Fertilizantes organominerais: Resultam da mistura entre fertilizantes orgânicos e minerais. O objetivo da mistura é aumentar teores de nutrientes de fertilizantes orgânicos e melhorar a eficiência de fertilizantes minerais.

Algumas propriedades físico-químicas dos fertilizantes que influenciam na adubação

a) Higroscopicidade: capacidade do fertilizante em absorver água da atmosfera. Influi no armazenamento e na aplicação.

b) Índice salino: potencial do fertilizante em absorver água do solo para sua dissolução. Quanto maior o índice salino, maior a quantidade de água que o fertilizante retirará do solo para ser dissolvido. Pode causar problemas em solos arenosos e em época seca, fazendo com que o fertilizante use grande parte da água disponível às plantas.

c) Poder acidificante: índice de acidez de um fertilizante que acaba acidificando o solo.

d) Incompatibilidade: ocorre quando a mistura entre fertilizantes não apresenta resultados quimicamente favoráveis. Exs.: Mistura compatível: Uréia + KCl; mistura semi-compatível: Uréia + superfosfatos (mela); misturas incompatíveis: Uréia + termofosfatos, calcários, escórias, cinzas (perdas do N da uréia); Fósforo + Cálcio (formação de composto insolúvel); Sulfato + Cálcio (forma gesso) (Figura 8).

a) Minas Gerais

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(I \times Y \times Al^{3+}) + (X - (Ca^{2+} + Mg^{2+}))]$$

Onde:

I = 0,33 (culturas tolerantes à acidez, ex.: braquiárias); 0,50 (culturas pouco tolerantes à acidez, ex.: seringueira); 0,66 (culturas medianamente sensíveis à acidez, ex.: abacaxi) e 1,0 (culturas sensíveis à acidez, ex.: citros, soja, citros, feijão e algodão).

Y = 1 (solos arenosos), 2 (solos textura média), 3 (solos argilosos) e 4 (solos muito argilosos).

Al^{+3} = $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ de Al revelado pela análise de solo

X = 1,0 (mandioca, seringueira); 1,5 (braquiárias, eucalipto); 2,0 (arroz, girassol, milho, sorgo, trigo, soja, feijão); 3,0 (amendoim, algodão, cana-de-açúcar).

b) Região do cerrado

Argila > 200 g kg^{-1} e $Ca+Mg < 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

$$NC(\text{t ha}^{-1}) = [2 \times Al^{+3} + (2 - (Ca+Mg))]$$

Argila > 200 g kg^{-1} e $Ca+Mg > 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

$$NC(\text{t ha}^{-1}) = (2 \times Al^{+3})$$

Argila < 200 g kg^{-1}

$$NC(\text{t ha}^{-1}) = 2 \times Al^{+3} \quad \text{ou} \quad NC(\text{t ha}^{-1}) = 2 - Ca^{2+} + Mg^{2+}$$

Método do tampão SMP

Usado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. É um método preciso, com bom fundamento teórico e de fácil execução em laboratório. Com o valor do pH SMP e por meio de valores tabelados é determinada a quantidade de calcário necessária para aumentar o pH do solo a valores próximos a 6,0. A calibração do método é feita a partir da correlação do pH SMP de uma série de solos com a necessidade de calcário para

aumentar o pH. A partir de um estudo realizado com diferentes solos, foram estabelecidas quantidades de calcário para elevar o pH a partir de resultados do pH SMP para as condições de Roraima (Tabela 15). Para validação do método SMP também são necessários estudos que indiquem o pH ideal para as culturas em cada região do país. Como exemplos de culturas com melhor desenvolvimento em determinados valores de pH em estados do RS e SC, são citados: abacaxi, arroz irrigado, batatinha e eucalipto para pH 5,5; arroz de sequeiro, cana-de-açúcar, citros, girassol, fumo, gramíneas em geral, soja, feijão, milho, trigo, tomate para pH 6,0 e alfafa para pH 6,5.

Tabela 15. Recomendação de calcário para elevar o pH_{H2O} para 5,5; 6,0 e 6,5 conforme pH SMP de solos do estado de Roraima.

pH SMP	pH em água a ser atingido com a calagem		
	5,5	6,0	6,5
	-----Necessidade de calcário (t ha ⁻¹)-----		
6,8	-	0,45	0,56
6,7	-	0,74	1,11
6,6	0,48	1,03	1,67
6,5	0,68	1,32	2,22
6,4	0,89	1,61	2,77
6,3	1,10	1,90	3,33
6,2	1,30	2,19	3,88
6,1	1,51	2,48	4,43
6,0	1,71	2,77	4,99
5,9	1,92	3,06	5,54
5,8	2,12	3,35	6,09
5,7	2,33	3,64	6,65
5,6	2,53	3,93	7,20
5,5	2,74	4,22	7,75

Fonte: Ferreira et al. (2007)

Método da saturação por bases

Baseado nos fatos de que existe correlação positiva entre pH e saturação por bases e que cada espécie e/ou cada cultivar de uma dada espécie apresenta o máximo potencial produtivo em determinada saturação por bases.

$$NC(t\ ha^{-1}) = \frac{T(V_2 - V_1)}{10\ PRNT}$$

Onde:

NC = necessidade de calcário em $t\ ha^{-1}$ para a profundidade de 0-20 cm

V_1 = Saturação por bases atual do solo ($SB/T \times 100$)

V_2 = Saturação por bases mais adequada para a cultura

T = CTC potencial do solo ($T = SB+H+Al$, todos os elementos catiônicos expressos em $mmol_c\ dm^{-3}$)

PRNT = referente ao calcário (%)

Valores de V_2 devem ser definidos para cada espécie e até mesmo para cultivares de uma mesma espécie nas diferentes regiões do país. Para o estado de São Paulo foram estabelecidos valores de saturação por bases para diversas culturas a partir de grande número de experimentos de campo (Tabela 16). No critério de recomendação de calagem adotado em São Paulo, além da elevação da $V\%$ especial atenção é dada à necessidade de elevar teores de magnésio no solo para valores entre 5 a $9\ mmol_c\ dm^{-3}$, dependendo da cultura. Em muitos casos os teores adequados de magnésio somente são atingidos com o uso do calcário com maior teor de óxido de magnésio.

Tabela 16. Valores de V_2 recomendados para algumas culturas no estado de São Paulo

Culturas	V_2 (%)	Culturas	V_2(%)
Arroz (sequeiro e irrigado)	50	Chuchu	80

Milho (grão, silagem, pipoca, verde) e sorgo	70	Couve manteiga	80
Pimenta do reino	70	Feijão-vagem, feijão-fava, feijão-de-lima e ervilha	80
Urucum	50	Melão e melancia	80-70
Abacaxi	50	Morango	
Acerola	70	Quiabo	80
Banana	60	Tomate estaqueado	80
Citros (laranja, limão, tangerina e murcote)	70	Amendoim	60
Mamão	80	Feijão	70
Manga	80	Leguminosas adubos verdes (crotalária, guandu, mucuna)	60
Maracujá	80	Soja	60
Uva	80	Batata	60
Abóboras	80	Batata doce e cará	60
Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula, agrião	80	Inhame	50
Berinjela, jiló, pimenta e pimentão	80	Mandioca	50
Beterraba, cenoura, nabo, rabanete e salsa	80	Mandioquinha	80
Brócolos, couve-flor e repolho	80	Pupunha (palmito)	60

Fonte: Adaptado de Rajj et al. (1997)

A calagem já foi definida como prática corretiva que preconiza a aplicação do insumo por ocasião do preparo do solo, em área total e com incorporação. Entretanto, casos há peculiaridades relacionadas ao sistema de plantio direto e a condução de plantios com espécies perenes. No caso do sistema de plantio direto, a correção do solo na implantação deve ser a mais profunda possível. Após a consolidação do sistema, que pode levar de 4 a 5 anos, a calagem deve ser reduzida, considerando que a matéria orgânica passa a ter maior atuação e começa a complexar íons metálicos como o alumínio.

No caso de espécies perenes (ex.: pomares de citros), diferentes modos de aplicação do calcário devem ser considerados. No plantio das mudas é possível optar pela aplicação de calcário em linha, de modo que a distribuição do calcário se dá sobre o sulco aberto, com finalidade de fornecer cálcio e magnésio como nutrientes. Entretanto, essa modalidade de aplicação de calcário não descarta a necessidade da aplicação em área total, que possibilita melhores condições do solo para o bom desenvolvimento radicular.

Para culturas perenes já estabelecidas, o modo de aplicação de calcário em faixas é o mais recomendado. Nesse caso, a distribuição do corretivo é feita a lanço nas entrelinhas

do pomar, sendo necessário tomar o cuidado para que a área de projeção da copa também receba o corretivo. Essa é uma prática que não necessita de incorporação, evitando danos ao sistema radicular das plantas.

- Determinação da necessidade de gessagem

Quando utilizar gesso: quando a análise química revelar, na profundidade de 20-40 cm, um dos seguintes aspectos:

a) $\text{Ca} < 5,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

b) $\text{Al}^{+3} > 5,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

c) $\text{m}\% > 30\%$

Quantidade: variável em função do teor de argila na profundidade 20-40 cm

Culturas anuais: $\text{NG}(\text{t ha}^{-1}) = \text{argila} (\text{g kg}^{-1}) \times 5,0$

Perenes: $\text{NG}(\text{t ha}^{-1}) = \text{argila} (\text{g kg}^{-1}) \times 7,5$

Pastagens: $\text{NG}(\text{t ha}^{-1}) = \text{argila} (\text{g kg}^{-1}) \times 6,0$

- Determinação da necessidade de fosfatagem

Quando realizar fosfatagem: quando teores de fósforo no solo estiverem baixos ou muito baixos para condução de culturas rentáveis. Recomendada somente para solos com teor de argila máximo entre 20-30%.

Quantidade de fósforo: $5 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 / \% \text{ de argila do solo}$

Fontes de P_2O_5 indicadas: superfosfato simples porque também fornece gesso. Caso gessagem tenha sido feita, utilizar superfosfato triplo.

Como fazer a fosfatagem: sempre após calagem, aplicação somente na camada de 0-10 cm.

- Determinação da necessidade de potassagem

Quando realizar potassagem: quando teores de potássio no solo estiverem abaixo de 50 mg dm⁻³ (1,3 mmol_c dm⁻³). Só é viável para solos com maior teor de argila.

8. Recomendação de adubação

A recomendação de adubação é a definição final de quanto se deve aplicar de cada nutriente para corrigir a deficiência do solo e atender às necessidades das plantas para obtenção de uma produtividade esperada de determinada cultura a ser implantada ou mantida no campo. Trata-se de uma decisão técnica e econômica em que a indicação de adubação com base na análise de solo tem peso muito grande, mas que não desconsidera as informações econômicas locais (relação insumo/produto) e sobre o histórico da área.

A recomendação de adubação emitida nos boletins é realizada visando obter, pelo menos, 80% da produção máxima da cultura, pressupondo uma conjuntura econômica favorável e um histórico de uso do solo com boa produtividade e possibilidade de resposta da cultura à adubação. Assim, o correto conhecimento do histórico da área permite ao técnico aumentar ou diminuir a dose sugerida, especialmente em condições de mercado favorável ao produto agrícola.

As recomendações de adubação são feitas regionalmente visando contemplar as particularidades edáficas, climáticas, econômicas, tecnológicas e culturais dos produtores. Em geral, os boletins de recomendação são publicações oficiais ou das Secretarias de Agricultura dos Governos Estaduais ou de uma instituição pública bem estabelecida na área, como Universidades e Embrapa. Abaixo são discutidos brevemente quatro boletins de recomendação atualmente em uso no Brasil, em regiões distintas, mas que podem servir de base para uso no Estado de Roraima que ainda não possui um boletim específico.

8.1. Boletim de Recomendação de adubação para o Estado do Acre

Em 2005 a Embrapa Acre lançou o livro “Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre” que tenta suprir a necessidade de diretrizes técnicas para adubação orgânica e mineral das culturas estabelecidas nos solos do Estado. Esta obra tem a participação da Universidade Federal do Acre e de outras instituições estabelecidas fora do território do Estado. Nela também são discutidos temas relevantes de manejo de solos, de explorações florestais, agrosilvopastoris e itens correlacionados. Trata-se da primeira aproximação de recomendação de adubação para o Acre e, portanto, muitos

dados foram extrapolados para as condições locais a partir da literatura nacional e da realidade dos solos existentes no Estado, sendo alguns com CTC elevada.

Dentre as particularidades das recomendações destacam-se:

1 - São assumidas classes arbitrárias de fertilidade particulares para o Estado. A recomendação da saturação em bases é feita em função da CTC do solo; a disponibilidade de N esperada é deduzida a partir dos anos de incorporação da terra ao processo produtivo, de sua CTC e de seu teor de matéria orgânica; os níveis de fertilidade foram reduzidos em baixo, médio e alto e os teores de P disponível são classificados em apenas três classes de textura ($\leq 15\%$; 16 a 35% e $>35\%$ de argila) ou P-remanescente, em geral condensando os valores definidos para Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) e Cerrado (Lobato e Sousa, 2004); os níveis de potássio são classificados independentemente da textura ou CTC do solo em baixo, médio e alto, com valores limite muito superiores aos padrões em uso em outras localidades; e os teores de micronutrientes, nas mesmas classes, são similares aos sugeridos para Minas Gerais e Cerrado, com tendência de maior amplitude na faixa média, especialmente para boro.

2 - Reclassificação das recomendações de adubação para algumas culturas com base no potencial de resposta exposto nas análises de planta e calculadas pelo índice DRIS. Isto torna o boletim muito sofisticado e sensível à classificação da fertilidade e à recomendação de doses de nutrientes, dificultando seu uso nas condições gerais de manejo da maioria das culturas, especialmente em agricultura familiar.

3 - Recomendação de adubação apenas para as culturas já estabelecidas no Estado. Dentre elas: i) grãos, leguminosas e oleaginosas (amendoim, arroz, feijão *Phaseolus vulgaris*, milho e soja); ii) estimulantes (café e cacau); iii) culturas industriais (cana-de-açúcar, seringueira, pupunha e pimenta longa); iv) fibrosas, raízes e tubérculos (algodão, batata e mandioca); v) frutíferas e aromáticas exóticas (abacate, abacaxi, banana, citrus, coco, mamão, manga, maracujá, pimenta-do-reino); fruteiras da Amazônia (Açaí, cupuaçu, guaraná); e Pastagens (formação e reforma).

As recomendações podem ser extrapoladas para Roraima devido às semelhanças referentes ao clima, à ocorrência de boa parte de solos com baixa fertilidade e ao tipo de tecnologia de exploração das culturas. Entretanto, é preciso considerar que os valores arbitrados para as classes de potássio disponível são elevados e incompatíveis com os encontrados em Roraima. Além disso, o boletim quase sempre utiliza a classe de

disponibilidade baixa e média para nitrogênio e trabalha sempre com as doses indicadas de média e alta probabilidade de resposta aos nutrientes.

Exemplo de recomendação:

Amendoim (*Arachis hypogae*)

- Espaçamento: 0,6 m entre linhas e 15 a 20 plantas/m (cerca de 100.000 plantas/ha);
- Correção do solo: aplicar calcário para atingir 60% (para Roraima) da saturação por bases, 75 dias antes do plantio.
- Quando usado em rotação com culturas bem adubadas, a fertilização pode ser dispensada.
- Adubação com micronutrientes: aplicar 100 g de molibdato de amônio + inoculante para cada 120 kg/ha de sementes.
- Adubação com enxofre: aplicar 20 kg/ha.
- Adubação de plantio: segundo a análise de solo e produtividade esperada (ver tabela 17)

Tabela 17. Doses recomendadas para a adubação de plantio na cultura do amendoim

Produtividade esperada (kg ha ⁻¹)	Disponibilidade do solo		
	Baixa	Média	Alta
	Adubação com P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹		
<1.500	40	20	0
1.500 a 3.000	60	40	10
>3.000	80	50	20
	Adubação com K ₂ O, kg ha ⁻¹		
<1.500	20	0	0
1.500 a 3.000	30	20	10
>3.000	40	30	20

Fonte: Wadt (2005). P.498-500.

8.2. Boletim de Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco

Foi lançada a 2ª aproximação em 1998, coordenada pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), com ampla participação da EMATER-PE, Embrapa, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal de Pernambuco. Trata-se de um trabalho de recomendação clássico que mostra os solos cultivados no Estado, as relações da fertilidade com a produtividade, os problemas de salinidade e sua correção, os tipos de fertilizantes, a implementação da adubação e, finalmente, porém mais importante, as recomendações de adubação para 78 culturas, sendo 11 delas irrigadas.

Como particularidades, podem ser apontadas:

1 - A obra não arbitra valores limites para a interpretação da fertilidade do solo, fazendo estes variarem entre as diversas culturas. Apesar disso, geralmente se trabalha com três classes de fertilidade (baixo, médio e alto).

2 - A recomendação de calagem é feita quase sempre por meio do método da neutralização do alumínio trocável ou pela elevação dos teores de Ca+Mg até um valor pré-definido de acordo com a sensibilidade da cultura, aplicando a maior dose gerada pelos dois critérios; não há recomendação de fósforo por classes de textura ou de potássio por classes de CTC; os critérios para uso de N não são claros e as doses indicadas visam uma única produtividade esperada.

3 - As doses recomendadas geralmente são mais baixas do que aquelas feitas nos Estados do Sudeste e Centro-oeste, pois os solos tendem a ser mais férteis, as produtividades são menores e há maior risco climático, especialmente quando em cultivo de sequeiro.

4 - Diversas extrapolações diretas são feitas de outros Estados, especialmente de SP, MG, BA e CE, com citação da fonte.

5 - As culturas são apresentadas em ordem alfabética e não por grupos, o que facilita a procura e manuseio do boletim.

Exceto nas condições de plantios irrigados, de cultivo de plantas olerícolas ou culturas específicas, os dados não devem ser extrapolados diretamente para Roraima, pois as condições edafo-climática que balizam as recomendações são muito distintas. As recomendações para cana-de-açúcar, feijão caupi, coqueiro, cajueiro, acerola, abacaxi, olerícolas em geral, melão e melancia irrigados têm, entretanto, grande possibilidade de se ajustarem às condições de Roraima devido a um ou mais dos motivos seguintes: são cultivadas em condição irrigada; dependem sempre de alta fertilidade do solo; são cultivadas em solos arenosos em condição de alta pluviosidade; são culturas típicas do nordeste e não há base técnica estabelecida no Estado para cultivo dessas espécies.

Exemplo de recomendação:

Cultura do feijão de corda (*Vigna unguiculata* L. Walp)

-Cultivares: ver com a Embrapa Roraima

- Espaçamentos: 0,40 x 0,60m (moita) ou 0,80 x 0,60m (ramador), com três plantas/cova.
- População de plantio: 62.500 plantas/ha (ramador) e 125.000 plantas/ha (moita).
- Produtividade média: 700 kg/ha
- Produtividade esperada: 2.000 kg/ha
- Calagem: usar maior valor calculado pelas fórmulas $NC = f \times AI$ e $NC = f \times [2 - (Ca + Mg)]$. Considerar $f = 1,5, 2,0$ e $2,5$ para solos com $<15, 15$ a 35 e $>35\%$ de argila, respectivamente
- Matéria orgânica: havendo disponibilidade, aplicar $15 \text{ m}^3/\text{ha}$ de esterco de curral, bem curtido. Em solos já cultivados com esta leguminosa, fazer a incorporação dos restos da cultura logo após a colheita.

Tabela 18. Doses N, P_2O_5 e K_2O

Teores no solo	Fundação	Cobertura
----- kg ha ⁻¹ -----		
Nitrogênio (N)		
(não analisado)	-	30
----- mg dm ⁻³ de P -----		
Fósforo (P_2O_5)		
<11	80	
11-20	50	
>20	35	
----- cmol _c dm ⁻³ de K -----		
Potássio (K_2O)		
<0,12	60	
0,12-0,23	30	
>0,23	10	

OBS.: 1) A fertilização de cobertura deve ser aplicada aos 20 ou 25 dias após a germinação, caso não tenha sido feita a inoculação das sementes com o rizóbio específico. 2) Se for usado inoculante ou esterco de curral, não há necessidade de aplicar a dose recomendada para o nitrogênio.

Fonte: GOMES, R.V. e COSTA, A.F. da (1999). Feijão de Corda. In: Cavalcanti et al. (1999). P.142., com modificações.

8.3. Boletim de Recomendação de adubação para o Estado de Minas Gerais

Este boletim foi lançado em 1999 pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999). É o resultado de pesquisas e experiências práticas de diversas Universidades, EMATER-MG, EPAMIG, Embrapa, Secretarias Estaduais, Municipais e Federais de Agricultura e diversas empresas privadas com atuação no estado de Minas Gerais. O boletim se encontra em sua 5ª aproximação e condensa as

recomendações de adubação e calagem para 65 culturas, incluindo as pastagens. Trata-se de um trabalho completo, que procura dar uma visão geral da prática da adubação para diversos ambientes de cultivo e grupos de culturas.

Suas particularidades mais visíveis são:

1 - Apresenta interpretação complexa da fertilidade do solo. Os teores dos nutrientes são classificados em teores (ou disponibilidades) muito baixo, baixo(a), médio(a), bom(a) e muito bom (a). Para fósforo, a interpretação correta exige o conhecimento do teor de argila do solo ou do teor de fósforo remanescente (determinação feita em laboratório); para enxofre, exige o conhecimento do P-remanescente. A partir dessas classes é que são indicadas as doses de nutrientes.

2 - A recomendação de calagem é feita simultaneamente pelos critérios da elevação dos teores de Ca e Mg e da neutralização do alumínio presente acima de uma saturação considerada crítica. Para as olerícolas, em geral, baseia-se na saturação por bases trocáveis.

3 - As culturas são apresentadas por grupos distintos (hortaliças; frutíferas; floricultura e jardins; grandes culturas anuais; e pastagens).

4 - Os extratores utilizados nas análises de solo são os referenciais da Embrapa. De modo que é possível usar os dados do boletim para classificar as análises de solo feitas pela Embrapa Roraima sem maiores dificuldades.

5 - As recomendações são frutos de muitos anos de experimentação agrícola, de intensa atividade produtiva nas terras do Estado, de trocas de experiências e de absorção de tecnologia da avançada agricultura paulista. O Estado dispõe de Universidades de alta qualidade, de serviço de extensão rural e de experimentação agrícola oficial. Assim, a 5ª aproximação apresenta informações técnicas de alta qualidade, que podem ser extrapoladas para condições de solo, tecnologia de cultivo, manejo de solos, culturas agrícolas e clima similares aos existentes em Minas Gerais.

6 - São apresentados dados de manejo em cultivos sob ambientes protegidos, hidroponia e sob fertirrigação, além de critérios de gessagem, uso de fosfatos naturais e monitoramento do estado nutricional.

Como a maior parte dos solos mineiros é composta por Latossolos e Argissolos de baixa fertilidade natural, a extrapolação para as condições de Roraima das recomendações de

adubação e calagem tem boa probabilidade de acerto na maioria das culturas trabalhadas no Estado. Estudos de validação ajudariam a fazer ajustes finos para ampliar o uso daquelas recomendações.

Exemplo de Recomendação

Cultura da Melancia

- Produtividade esperada: 30.000 kg/ha
- Espaçamento: 2,0 a 2,5 x 2,0 m
- Calagem: elevar a saturação por bases para 70% e garantir teor de Mg > 1,0 cmol_c/dm³.
- Adubação orgânica: adicionar 10 t/ha de esterco de curral ou 3 t/ha de esterco de galinha, aplicando na cova 20 dias antes do semeio ou transplântio.
- Adubação mineral NPK/ano:

Tabela 19. Adubação mineral NPK/ano em função da textura e disponibilidade de P e K disponíveis

Disponibilidade de P ou K	Textura do solo			Dose total	
	Argilosa	Média	Arenosa	K ₂ O	N
Baixa	200	160	120	150	120
Média	160	120	80	120	120
Boa	120	80	40	90	120
Muito boa	80	40	0	60 ⁽¹⁾	120

⁽¹⁾somente em cobertura.

- Parcelamento da adubação NPK:

- Plantio: colocar junto com o adubo orgânico, 30% do N, 40% do K₂O e 100% do P₂O₅.
- Cobertura: aplicar o restante do N e do K₂O (70 e 60%, respectivamente), parcelado em três vezes, sendo a primeira 15 dias após o transplântio ou 20 dias após a germinação, e as demais espaçadas de 20 dias uma da outra.

8.4. Boletim de recomendação de calagem e adubação para o Cerrado

O cerrado brasileiro se estende pelos estados do sudeste, centro-oeste, norte e nordeste, em uma extensão estimada de 204 milhões de hectares. Desse modo, as culturas exploradas nos solos desses ecossistemas estão contempladas nas recomendações de adubação e calagem de cada estado brasileiro. Entretanto, a Embrapa Cerrados publicou o livro “Cerrado: correção do solo e adubação” (Sousa e Lobato, 2004) que objetiva fornecer diretrizes técnicas para exploração racional dos solos em todo o bioma cerrado, de todas

as regiões do país, incluindo os lavrados de Roraima. Apresenta discussões sobre correção da acidez, a adubação corretiva de cada um dos nutrientes e expões recomendações para 19 culturas anuais, 15 fruteiras tropicais (eucalipto e essências florestais do cerrado) e para pastagem.

Podem ser observadas as seguintes características distintivas:

1 - A interpretação da análise de solo é muito próxima daquela feita para o Estado de Minas Gerais, pois os procedimentos de análises de solo são equivalentes. Também são sugeridos limites de interpretação para fósforo pelo método da resina. Isto torna o sistema operacional com os resultados da maior parte dos laboratórios de rotina do país.

2 - A recomendação de calagem é baseada tanto na saturação por bases (visando valor V de 30% para pastagens tolerantes a acidez; 50%, nas culturas anuais em sequeiro e na maioria das fruteiras; 60%, nas culturas anuais irrigadas), como no método da neutralização do Al trocável e elevação do Ca+Mg. Neste último caso, os autores recomendam categorizar os solos pela CTC, teor de argila e de Ca+Mg (critérios discutidos anteriormente);

3 - A interpretação da análise de solo é pré-requisito para encontrar a recomendação de adubação e ela é diferenciada para as culturas anuais, frutíferas, espécies madeireiras (eucalipto) e pastagem. Há tabelas específicas para cada grupo.

A obra é atual (2004) e absorve a experiência dos dois mais destacados boletins de recomendação de calagem e adubação do país diretamente implicados com a exploração do cerrado, que são os dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. A isso foram acrescentados os mais de 30 anos de pesquisas da Embrapa Cerrados no bioma que lhe fornece o nome. Assim, os dados são muito relevantes para o estado de Roraima, pois tanto a pobreza original quanto os solos que ocorrem nos lavrados do Estado são de magnitudes semelhantes ao que ocorre na maior parte dos cerrados brasileiros. As classes dos Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarênicos são os solos dominantes, tanto no cerrado brasileiro como um todo, como na maior parte da paisagem de Roraima. Todas as recomendações existentes na obra podem ser aplicadas no lavrado, com alta probabilidade de acerto.

Exemplo de recomendação:

Cultura da soja

- Calagem: elevar a saturação por bases para 50%, para cultivos em sequeiro, ou para 60%, em cultivos irrigados.
- Corrigir os teores de fósforo, potássio e micronutrientes (procedimentos descritos na obra);
- Inocular as sementes corretamente com bactérias fixadora de nitrogênio.
- Aplicar no plantio:

Tabela 20. Recomendação de adubação para a cultura da soja, em função da produtividade e dos teores de P e K na análise do solo

Expectativa de produtividade	P extraível		K extraível	
	Adequado	Alto	Adequado	Alto
t/ha	----- kg/ha -----			
3	60	30	60	40
4	80	40	80	50
5	100	50	100	70

Obs:

1. Para produtividade até 3 t/ha usar as doses indicadas para adubação corretiva;
2. Nas doses > 60 kg/ha de K₂O, aplicar metade na semeadura e o restante em cobertura 30 dias após a germinação ou o total a lanço em pré-semeadura, principalmente, em solos com CTC < 4 cmol_c/dm³.
3. Em área não gessada, aplicar 20 ou 30 kg/ha de enxofre para produtividades de até 3,0 t/ha ou 3,0 a 5,0 t/ha, respectivamente.
4. Fazer adubação corretiva com micronutrientes ou aplica-los via semente ou folhas. Fazer análise foliar para acompanhar a necessidade desses elementos.

Cultura da Banana

- Espaçamento: cultivares de porte baixo: 2 x 2m; 2 x 2,5m (2.000 a 2.500 famílias/ha)
cultivares de porte alto: 2,5 x 3m; 3 x 3 m (1.111 a 1.333 famílias/ha)
- Correção e adubação em pré-plantio:
 - a) calagem: elevar a saturação por bases a 60% (0-20 cm) e teor mínimo de 0,9 cmol_c/dm³ de magnésio.
 - b) gessagem: em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em algumas camadas até 60 cm.
 - c) fazer adubações corretivas de fósforo e potássio (descrito na obra);
 - d) aplicar micronutrientes: quando eles estiverem em nível baixo aplicar a lanço e incorporar 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio e 6,0 kg/ha de zinco.
 - e) Fazer a seguinte adubação na cova:

t ha ⁻¹	----- N (kg ha ⁻¹) -----			----- P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)-----			----- K ₂ O (kg ha ⁻¹) -----		
<20	160	130	100	60	40	20	230	190	150
20-30	200	160	120	80	50	30	290	240	190
30-40	290	230	175	110	70	40	410	340	270
40-50	375	300	225	140	90	50	520	430	340
50-60	460	370	280	170	110	60	620	520	420
>60	550	440	330	200	130	70	740	620	480

Fonte: Sousa e Lobato (2004).

h) recomendações especiais:

- a adubação N e K deve ser parcelada em três vezes durante o período chuvoso, distribuindo os fertilizantes em semi-círculos de 100 cm de raio, à frente do rebento mais jovem, levemente incorporados ao solo. Em plantios adensados, em terrenos planos, a distribuição pode ser a lanço, nas ruas. Em sistemas irrigados, a adubação deve ser parcelada em até 6 vezes ao ano;
- não se deve colocar o adubo sobre os restos da cultura, mas diretamente sobre o solo;
- o adubo fosfatado pode ser aplicado de uma única vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e o K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e a utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica;
- caso não tenha sido aplicado gesso ou outra fonte de S, por ocasião da implantação do bananal, na adubação de produção, utilizar algum fertilizante que contenha S em sua composição. A quantidade recomendada de S é de 20 a 30 kg/ha/ano.
- a reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após quatro anos, baseada em dados de análise de solo e de planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplica-lo via foliar.
- fazer novas amostragens de solo a cada dois ou três anos e de folhas, a cada dois anos, para verificar o equilíbrio e a necessidade de cada nutriente.

8.5. Boletim de recomendação de calagem e adubação para de São Paulo (Boletim técnico 100)

Trata-se do mais completo trabalho de recomendação de calagem e adubação regional existente no Brasil. A base de dados usada é muito grande, pois se baseia em redes de experimentação extensivas conduzidas no Estado de São Paulo durante mais de 100 anos, com diversas culturas. É o resultado do trabalho integrado do IAC, principalmente, ESALQ/USP, CENA/USP, Cati, Embrapa e outras instituições públicas e privadas. É o trabalho mais abrangente disponível no país e envolve mais de 120 cultivos diferentes. Apesar do Boletim 100 estar completando 12 anos, sua contribuição para a agricultura paulista e brasileira ainda é muito grande, pois tem servido de base para muitos outros boletins de recomendação que surgiram depois dele, tanto no Sudeste e Centro-Oeste, como no Nordeste e Norte do país (até mesmo o do estado do Acre – basta conferir, por exemplo, as recomendações para o Amendoim, que são praticamente idênticas). Sua consulta é obrigatória para aprimorar as recomendações regionais no que diz respeito ao uso de micronutrientes, à avaliação das faixas de respostas e da produtividade esperada. Além disso, apresenta extensa lista de culturas abrangidas, nem sempre encontradas noutras bases de dados.

Como características, o Boletim 100 apresenta:

- 1 - Interpretação da análise de solo simples, categorizada por grupos de espécies vegetais, mas separada das tabelas de recomendação de adubação. As extrações de fósforo disponível, K, Na, Ca, Mg e Al trocáveis são feitas com resina troca iônica; e as de micronutrientes catiônicos, por DTPA pH 7,3;
- 2 - Os teores de nutrientes dos laudos de análise têm entrada direta nas tabelas de recomendação, facilitando encontrar os valores das doses recomendadas de NPK;
- 3 - A caracterização da resposta a nitrogênio dependente do histórico e da intensidade de uso da área.
- 4 - A apresentação das culturas é em grupos de espécies, tornando um pouco mais complicado localizar a página procurada;
- 5 – Utiliza a expectativa de produtividade para moldar a adubação; categoriza o solo pela CTC para algumas culturas, visando facilitar a adubação potássica; para pastagens, as

gramíneas e leguminosas são separadas de acordo com sua sensibilidade e resposta à adubação.

6 - Em citrus, chega-se ao requinte de se adubar com base no volume produzido e na relação insumo/produto (preço pago ao produtor da caixa de laranja).

7 - É chamada atenção para o aprimoramento da adubação com micronutrientes nas culturas mais responsiva a cada elemento.

O Boletim 100 é essencial para quem trabalha com recomendação de adubação. Pode-se assumir que todas as recomendações de adubação para olerícolas são válidas também para o estado de Roraima, assim como a maior parte das adubações de fruteiras, com boas possibilidades de sucesso. As adubações para jardins e flores, viveiros e mudas também podem ser boa base para uso em Roraima. Em todas essas atividades, a participação dos corretivos e adubos no custo final é relativamente pequeno, quase sempre inferior a 20%, e quase sempre os investimentos são recuperados. Já no cultivo de cereais e leguminosas, fibrosas e culturas industriais, o risco tende a ser maior. Mesmo assim, é preferível assumi-lo a deixar de adubar por falta de critérios orientadores.

Quase sempre, na extrapolação de qualquer recomendação de adubação, é necessário ajustar a dose aplicada à expectativa de produtividade da cultura no Estado. Dados de pesquisas têm mostrado possibilidades de produção acima de 4 t ha⁻¹ para a soja; de 6 t ha⁻¹, para o milho; de 3 t ha⁻¹, para o arroz em sequeiro; e t ha⁻¹ para o feijão caupi. Esses valores já nos dão um limite de até onde podemos extrapolar os dados de outras regiões com alguma probabilidade de resposta. À medida que a pesquisa avançar e as experiências forem se acumulando, ter-se-á também bons limites para expectativas de produtividades das diferentes fruteiras. Até o uso inicial da produtividade esperada mínima de 70 a 80% dos patamares alcançados na região sudeste, permite a emissão de recomendações conservadoras, mas seguras e rentáveis para os produtores rurais.

Exemplo de recomendação: Cultura do tomate (estaqueado)

- Espaçamento: 1,0 x 0,8 m (12.500 covas/ha)
- calagem: elevar saturação por bases a 80% e teor de Mg para $\geq 9 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$;
- Adubação orgânica: aplicar 20 a 30 t/ha de esterco bem curtido ou composto ou 5-8 t/ha de esterco de galinha bem curtido.

- Adubação mineral: aplicar, de acordo com a análise de solo, nos sulcos, 8 a 10 dias antes do transplante, as quantidades constantes da seguinte tabela:

Tabela 24. Recomendação de adubação do tomateiro em função da análise de solo

Nitrogênio	P resina, mg dm ⁻³			K trocável, mmol _c dm ⁻³		
	0-25	26-60	>60	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
N, kg ha ⁻¹	----- P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹ -----			----- K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----		
60	800	500	300	300	200	100
	----- B, mg dm ⁻³ -----			----- Zn, mg/dm ⁻³ -----		
	<0,21	0,21-0,60	>0,60	<0,5	0,5-1,2	>1,2
	----- B, kg ha ⁻¹ -----			----- Zn, kg ha ⁻¹ -----		
	3	1	0	5	3	0

Obs.: acrescentar à adubação de plantio 20 a 40 kg/ha de S.

A resina tende a extrair mais fósforo do que o extrator de Mehlich-1. Assim, nos menores níveis de P é admissível a extrapolação, nos maiores (médio e alto) o processo torna-se arriscado. Neste caso, preferir as diretrizes do Estado de Minas Gerais.

Em solo arenosos (<200 g/dm³ de argila), preferir aplicar ½ da dose no sulco de plantio e o restante em cobertura, juntamente com a quantidade programada.

- Adubação mineral de cobertura: aplicar 200 a 300 kg/ha de N e 120 a 240 kg/ha de K₂O, parcelando em 4 a 6 vezes, com intervalo de 15 a 20 dias entre as aplicações. As quantidades menores ou maiores dependerão da análise de solo, foliar, cultivar utilizado e produtividade esperada.

- utilizar de preferência parte do nitrogênio na forma nítrica, aplicando fertilizantes como nitrocálcio, nitrato de amônio e nitrato de potássio.

Fonte: Trani et al. (1997 – Boletim 100), com adaptações.

Cultura do abacaxi

- espaçamento: 120 x 40 x 40 cm (31.250 plantas/ha)

- calagem: elevar saturação para 50% da saturação por bases e 0,5 cmol_c/dm³ de Mg trocável.

- Adubação mineral: seguir as quantidades totais de NPK indicadas na tabela 24, descrita abaixo:

Tabela 25. Recomendação de adubação para o abacaxizeiro, para a primeira produção, de acordo com a análise de solo e da produtividade esperada:

Produtividade Esperada t ha ⁻¹	N N, kg ha ⁻¹	P resina, mg/dm ³			K trocável, cmol _c /dm ³		
		0-12	13-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
		----- P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹ -----			----- K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----		
<30	300	80	60	40	300	200	100
30-40	400	100	80	60	400	300	200
40-50	500	120	100	80	500	400	300
>50	600	140	120	100	600	500	400

Aplicar todo o fósforo no sulco de plantio, misturando-o ao solo, e o nitrogênio e o potássio em cobertura ao lado das linhas, procurando atingir as axilas das folhas mais velhas, nas seguintes proporções: 10%, 30 dias depois do plantio; 20%, 90 dias depois do plantio; 40%, 180 dias do plantio e 30%, aos 270 dias do plantio. Se o plantio coincidir com o início do inverno, aplicar 10% aos 30 dias depois do plantio, 30% aos 120 dias e o restante entre os 210 a 270 dias. A última adubação nitrogenada deve ocorrer, no máximo, 60 dias antes da aplicação do regulador de florescimento.

Para a soca (segunda safra na mesma área), aplicar a metade do indicado acima, sendo ½ logo após a colheita e ½ no meio do período chuvoso.

Para melhor qualidade dos frutos, dar preferência a potássio na forma de sulfato ou nitrato.

Fonte: Adaptado de Spironello e Furlani (1996 – Boletim 100).

9. Prática da recomendação de corretivos e adubos e sua aplicação

Para fazer recomendações de corretivos e fertilizantes são necessários:

- o laudo da análise de solo (informado pelo laboratório);
- saber qual a cultura que se vai trabalhar (informado pelo produtor);
- saber qual o nível tecnológico do produtor (para definir a viabilidade de se fazer adubações corretivas geralmente indicadas para os mais capitalizados) (informado pelo produtor);

- qual o histórico da área (cultura anterior, correções e adubações efetuadas, produtividades alcançadas e pluviosidade) (registro do produtor);
- sistema de cultivo a ser utilizado (sequeiro ou irrigado) (informação do produtor); e
- situação de mercado ou relação insumo/produto na época do plantio e perspectiva de preço na colheita (conjuntura econômica).

As informações da análise do solo, da cultura a ser trabalhada, do sistema de cultivo e da produtividade esperada são informações necessárias para enquadrar a situação para verificar qual a melhor dose de NPK, corretivos e micronutrientes a ser aplicada na lavoura. As demais informações são importantes para tomada final de decisão sobre o global de investimentos a serem executados.

Definidas as quantidades de nutrientes a serem utilizadas, o agricultor precisa calcular quanto de adubo irá ter que comprar para toda sua propriedade e quanto ele irá aplicar durante todas as fases de cultivo. Essas decisões e cálculos compõem o que se chama “prática da adubação”.

Na tabela abaixo é solicitada a recomendação de adubação para quatro culturas diferentes. Vejamos como devemos proceder para encontrar a recomendação de adubação apropriada e implementar a adubação recomendada.

Tabela 26. Resultado da análise de solo de quatro localidades distintas do Estado de Roraima, com solicitação de recomendação de adubação para a cultura solicitada

Local	Cultura	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	T	t	m	V	Argila
			g/dm ³	mg/dm ³				cmol _c /dm ³					--%--		dag/kg
Vic.Água.Boa	Caupi	5,3	8,2	0,2	0,02	0,15	0,10	0,56	3,30	0,27	3,57	0,83	67	8	18
Cantá	Melancia	5,1	11,5	0,0	0,03	0,15	0,15	0,64	3,14	0,33	3,47	0,97	66	10	23
Caroebe	Banana	5,5	29,8	0,1	0,20	1,50	0,70	0,18	4,28	2,40	6,69	2,58	7	36	30
PA N. AM	Tomate	5,5	8,3	3,6	0,03	0,15	0,05	0,40	2,56	0,23	2,79	0,63	63	8	10

9.1. Exemplo prático: calagem e adubação caupi

- Interpretação da análise do solo (amostra da Vicinal Água Boa/Boa Vista – RR)

a) *Situação dos atributos da fertilidade:* acidez – média; MO – baixa; P disponível – muito baixo; K trocável – baixo; Ca e Mg trocáveis – baixos; saturação por alumínio – muito alta; saturação pó bases – baixa.

b) *Diagnóstico*: solo medianamente ácido com baixa reserva de fósforo, nitrogênio (deduzido pela matéria orgânica), potássio, cálcio e magnésio e alta saturação por alumínio.

- Recomendação de calcário:

1. Cálculo da dose recomendada: observar as possibilidades apresentadas para o cerrado e solo < 200 g/dm³ de argila.

a) pela neutralização do Al trocável: $NC = 2 \times 0,56 = 1,12$ t/ha (calcário PRNT 100%)

b) pela elevação dos teores de Ca+Mg: $NC = [2 - (0,15+0,10)] = 1,8$ t/ha (idem)

c) elevação da saturação por bases para 50%: $NC = [(50-8) \times 3,57]/100 = 1,5$ t/ha (idem)

Resultado: aplicar 1,8 t/ha de calcário. Admitindo um calcário com 85% de PRNT, deve-se aplicar $1,8/0,85 = 2,1$ t/ha de calcário, à lanço e incorporar na camada de 0-20 cm, 90 dias antes do plantio.

- *Recomendação de adubação corretiva com fósforo, potássio e micronutrientes: inapropriada para esta cultura. Em abertura de cerrado, é recomendável a aplicação de micronutrientes, juntamente com a adubação corretiva ou de plantio. Neste caso, nos primeiros três cultivos sucessivos na área, usar 1/3 da dose de 2 kg/ha de Boro, 2 kg/ha de cobre, 6 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio e 6 kg/ha de zinco. Essa adubação tem efeito residual mínimo de 4 anos. Alternativamente, aplicar 50 kg/ha de FTE BR-12 no primeiro ano de plantio, com efeito similar.*

- *Recomendação de matéria orgânica: aplicar 15 m³/ha de esterco de curral bem curtido ou até 5 m³/ha de esterco de galinha.*

- *Adubação NPK: aplicar 00-80-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O no plantio e 30 kg/ha de N em cobertura, aos 20 a 25 dias da germinação (caso não tenha sido feita adubação orgânica ou inoculação das sementes com bactérias fixadora de nitrogênio). Valores retirados diretamente da tabela de recomendação, a partir dos dados da análise de solo.*

- Implementação da adubação: é necessário responder algumas perguntas e fazer os respectivos cálculos:

1º. Quanto vou precisar de cada adubo ou suas opções para atender a necessidade da cultura e aplicar efetivamente os nutrientes recomendados?

- Calcular a quantidade de adubos simples: dividir a quantidade recomendada pelo percentual (em decimal), existente em cada fertilizante:

* Nitrogênio:

Sulfato de amônio (20%): $30/0,2 = 150$ kg/ha de SAM

Uréia (45%): $30/0,45 = 67$ kg/ha de uréia

* Fósforo:

Superfosfato simples (18%): $80/0,18 = 444$ kg/ha de SS

Superfosfato triplo (44%): $80/0,44 = 182$ kg/ha de ST.

* Potássio:

Cloreto de potássio (58%): $60/0,58 = 103$ kg/ha de KCl.

* Formulado com relação NPK 0-4-3 ou próxima disso: (digamos 00-20-15)

Necessidade para o plantio = $80/20 \times 100$ ou $60/15 \times 100$ ou $(80+60)/(20+15) \times 100 = 400$ kg/ha. Ou seja, a aplicação de 400 kg/ha do formulado 00-20-15 atende as necessidades de adubação de plantio.

Os mesmos cálculos podem ser feitos para os micronutrientes.

2º. Qual opção é a mais econômica? Verificar no mercado e comparar o preço. Não esquecer de custos com frete, armazenagem e aplicação homogênea no campo.

3º. Quanto aplicar de cada adubo por linha ou por cova?

Ora, um hectare riscado em linhas espaçadas de 0,6 m tem $(10.000/0,6) = 16.667$ m lineares/ha. Se o plantio for feito em covas espaçadas de 0,60m x 0,40 m, haverá $[10.000/(0,6 \times 0,4)] = 41.667$ covas/ha. Assim, é possível calcular a quantidade a aplicar em gramas/cova ou por m linear seguindo as fórmulas:

$g/m \text{ linear} = \text{quantidade do adubo em gramas} / 16.667$

$g/cova = \text{quantidade do adubo} / 41.667$

Admitindo o uso de 400 kg/ha de formulado 00-20-15 no plantio e de 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, precisaríamos aplicar 24 g/m de 00-20-15 no plantio e 9 gramas/

m de SAM em cobertura; ou alternativamente, 9,6 g/cova de 00-20-15 no plantio e 3,6 g/cova de SAM em cobertura.

9.2. Exemplo prático: calagem e adubação banana

Para se usar os critérios estabelecidos para o cerrado, é necessário reconsiderar a interpretação da análise de solo (Tabela 26) e recomendação de correção para as plantas perenes (tabelas 26 e 27):

- Interpretação da análise de solo do Caroebe

a) *Situação dos atributos da fertilidade*: acidez – média; MO – adequada; P disponível – muito baixo; K trocável – alto; Ca e Mg trocáveis – baixo/adequado; saturação por alumínio – baixa; saturação pó bases – no limite média/adequada.

Tabela 27. Interpretação da análise de solo e recomendação de adubação fostatada para culturas perenes e semi-perenes

Teor de argila dag/kg	Teor de fósforo disponível no solo			Nível de disponibilidade		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
	----- P disponível, mg/dm ³ -----			----- P ₂ O ₅ , kg/ha -----		
≤ 15	<12,0	12,1-18,0	>18,0	60	30	0
16-35	<10,0	10,1-15,0	>15,0	100	50	0
36-60	<5,0	5,1-8,0	>8,0	200	100	0
>60	<3,0	3,1-6,0	>6,0	280	140	0

Fonte: Andrade (2004) e Sousa e Lobato (2004), com adaptações.

Tabela 28. Interpretação da análise de solo e recomendação de adubação corretiva potássica para plantas perenes e semiperenes, em função do teor de potássio, da CTC ou do teor de argila do solo

Teor de K	Interpretação	Dose de K ₂ O
-----------	---------------	--------------------------

mg/dm ³	CTC a pH 7 < 4,0 cmol _c /dm ³ ou teor de argila < 20 dag/kg	kg/ha
<15	baixo	50
16 a 40	médio	25
>40	alto	0
mg/dm ³	CTC a pH 7 ≥ 4,0 cmol _c /dm ³ ou teor de argila ≥ 20 dag/kg	kg/ha
<25	Baixo	100
25 a 80	Médio	50
>80	Alto	0

Sousa e Lobato (2006), citado por Andrade (2004).

b) *Diagnóstico*: solo medianamente ácido com baixa reserva de fósforo e medianamente abastecido de nitrogênio (deduzido pela matéria orgânica), potássio, cálcio e magnésio. Saturação por base inferior a necessária para a cultura.

- Recomendação de calagem:

- *Pelo critério da saturação por bases e PRNT 85%: $(60-36)*6,69/85 = 1.889$ kg/ha de calcário dolomítico.*

- *Recomendação de gessagem: se na camada de até 60 cm de profundidade, a saturação por Al > 20% e teor de Ca < 0,5 cmol_c/dm³, recomenda-se aplicar gesso.*

NC(kg/ha) = 75 x teor de argila. No presente caso, admitindo haver acidez na subsuperfície e igual teor de argila, seria indicado: $75 \times 30 = 2.250$ kg/ha de gesso agrícola.

Como alternativa a não aplicação do gesso, pode-se usar Superfosfato Simples na correção dos teores de fósforo disponível do solo e nas adubações fosfatadas subsequentes.

- *Recomendação de adubação corretiva:*

- para potássio: não recomendada.

- para fósforo. Com 30% de argila e teor baixo de fósforo disponível, recomenda-se a aplicação a lanço, com incorporação, de 100 kg/ha de P₂O₅.

- para micronutrientes: na abertura de área virgem ou em área que nunca tenha recebido micronutrientes, aplicar a lanço, por segurança, 2 kg/ha de Boro, 2 kg/ha de cobre, 6 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio e 6 kg/ha de zinco. Alternativamente, aplicar 70 kg/ha de FTE BR-12 no primeiro ano de plantio, com efeito similar. Essa adubação tem efeito

residual mínimo de 4 anos. Em todo caso, acompanhar os teores foliares para monitoramento correto das necessidades.

- Recomendação de adubação na cova: ver tabela xxx. Colocar na cova 0,6 x 0,6 x 0,6 m (ou 0,216 m³ de solo), 20 L de esterco de gado bem curtido, 200 g de calcário dolomítico, 140 g de P₂O₅ e 1,0 g de B, 0,5 g de Cu, 1,0 g de Mn, 0,5 g de Mo e 5,0 g de Zn (alternativamente, aplicar 50 g/cova de FTE BR 12). Após 15 dias, transplantar a muda. Trinta dias após o plantio, fazer 3 a 4 coberturas mensais com 20 g de N e de K₂O.

- Adubação de condução até a primeira colheita:

Se o solo for corrigido, como sugerido, iniciar o manejo a partir dos 120 dias do transplântio:

Idade	Nutrientes		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Dias após o plantio	----- g/planta -----		
30 – 40	35	20	60
60 – 90	70	40	120
120 – 150	70	40	120
Total	175	100	300

Obs.: os fertilizantes contendo NPK devem ser parcelados em 3 a 4 vezes, mensais; os adubos devem ser aplicados em círculo de 100 cm de diâmetro, ao redor da planta.

- adubação de produção: a partir da primeira colheita, aplicar a adubação em função da análise de solo, teor foliar de nitrogênio e nível de produtividade alcançada:

Produtividade esperada	Teor de N no tecido (g kg ⁻¹)			Nível de P no solo			Nível de K no solo		
	<25	25 a 35	>35	Baixo	Médio	Adequado	Baixo	Médio	Adequado
t ha ⁻¹	----- N (kg ha ⁻¹) -----			----- P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) -----			----- K ₂ O (kg ha ⁻¹) -----		
<20	160	130	100	60	40	20	230	190	150
20-30	200	160	120	80	50	30	290	240	190
30-40	290	230	175	110	70	40	410	340	270
40-50	375	300	225	140	90	50	520	430	340
50-60	460	370	280	170	110	60	620	520	420
>60	550	440	330	200	130	70	740	620	480

Recomendações especiais:

- a adubação N e K deve ser parcelada em três vezes durante o período chuvoso, distribuindo os fertilizantes em semi-círculos de 100 cm de raio, à frente do rebento mais jovem, levemente incorporados ao solo. Em plantios adensados, em terrenos planos, a

distribuição pode ser a lanço, nas ruas. Em sistemas irrigados, a adubação deve ser parcelada em até 6 vezes ao ano;

- não se deve colocar o adubo sobre os restos da cultura, mas diretamente sobre o solo;
- o adubo fosfatado pode ser aplicado de uma única vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e o K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e a utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica;
- caso não tenha sido aplicado gesso ou outra fonte de S, por ocasião da implantação do bananal, na adubação de produção, utilizar algum fertilizante que contenha S em sua composição. A quantidade recomendada de S é de 20 a 30 kg/ha/ano.

- Implementação da adubação:

Inicialmente, é preciso saber quantas covas (60 x 60 x 60 cm) serão feitas na área. Considerando, um espaçamento de 2 x 2,5m (para variedades de porte baixo), teremos $[10000/(2 \times 2)=]$ 2.500 covas/ha. Para variedades de porte alto, espaçamentos de 2,5 x 3m (1.333 covas ou famílias/ha) ou mesmo 3 x 3 m (1.111 covas ou famílias/ha). Nos cálculos abaixo, trabalharemos com variedades de porte baixo.

A implementação da adubação é feita com o uso dos mesmos critérios de cálculos executados anteriormente. Porém, deve-se fazer por etapa:

- necessidades de corretivos e adubos na correção:

* *Calcário dolomítico: 1.889 kg/ha*

* *Gesso agrícola: 2.250 kg/ha (difícil de ser encontrado na região)*

* *Superfosfato simples: $100/0,18 = 556$ kg/ha*

* *Micronutrientes:*

- *FTE: 70 kg/ha de FTE BR 12 (alternativa à aplicação dos sais simples)*

- *Boro: $2/0,17 = 11,7$ kg de ácido bórico (17% de B)*

- *Cobre: $2/0,13 = 15,4$ kg de sulfato de cobre (13% de Cu)*

- *Manganês: $6/0,26 = 23$ kg/ha de sulfato de manganês (26% de Mn)*

- *Molibdênio: $0,5/0,39 = 1,28$ kg/ha de molibdato de sódio (39% de Mo)*

- *Zinco: $6/0,20 = 30$ kg/ha de sulfato de zinco (20% de Zn).*

- Total da mistura dos sais simples para aplicação a lanço: 81,38 kg/ha.

- necessidade de corretivos e adubos na implantação (adubação na cova): há duas opções válidas:

1ª. Opção:- preparar todo o material da cova em galpão e levar a massa para preenchimento das covas, antes do pré – plantio:

- volume de material por cova: $0,216 \text{ m}^3$

- número de covas: $10000/(2 \times 2,5) = 2.000 \text{ covas/ha}$.

- volume de material de enchimento de cova a ser preparado: $2.000 \times 0,216 = 436 \text{ m}^3$.

Neste caso, misturar os insumos a 400 m^3 (ou toneladas) de solo arável.

- Necessidades de insumo: ver tabela 28.

Tabela 29. Cálculo da necessidade de insumo para preparo do material de enchimento da cova, em galpão

Fertilizantes e corretivos	Adubação de cova (para 1 m^3 de solo)	Adubação de cobertura (g/cova)	Necessidade de insumo para 1,0 ha
Adubo orgânico*			
Esterco de curral bem curtido ou	100 litros ou	-	$43,6 \text{ m}^3$
Esterco de galinha	25 litros	-	$2,5 \text{ m}^3$
Calcário dolomítico (100% PRNT)*	1.000 g	-	436 kg
Adubo mineral			
Nitrogênio (N)/cova**	Proveniente do adubo orgânico	20 g	40 kg
Fósforo (P_2O_5)*	700 g	-	305,2 kg
Potássio (K_2O)/cova**	-	-	40 kg
Micronutrientes/cova**	1,0 g de B + 0,5 g de Cu + 1,0 g de Mn + 0,05 g de Mo + 5,0 g de Zn	-	2,0 kg B 1,0 kg Cu 2,0 g Mn 0,1 kg Mo 10 kg Zn

Obs.:* ajustar sempre para o volume previsto de 1 m^3 ; ** ajustar para o número de covas/ha.

- 2ª. Opção: Aplicar diretamente na cova, misturando com o solo retirado dela, o calcário, o esterco, o fósforo e a mistura de micronutrientes ou FTE:

- Esterco de curral: $25 \text{ L/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$.

- Calcário: $0,216 \text{ kg/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = 432 \text{ kg/ha}$.

- Superfosfato simples: $151,2 \text{ g } P_2O_5/\text{cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (302,4 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha})/0,18 = 1,68 \text{ t/ha}$.

- ácido bórico: $1 \text{ g B/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (2,0 \text{ kg B/ha})/0,17 = 11,7 \text{ kg/ha}$.

- Sulfato de cobre: $0,5 \text{ g Cu/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (1,0 \text{ kg Cu/ha})/0,13 = 7,7 \text{ kg/ha}$.

- Sulfato de manganês: $1 \text{ g Mn/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (2,0 \text{ kg Mn/ha})/0,26 = 7,7 \text{ kg/ha}$.

- Molibdato de sódio: $0,05 \text{ g/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (0,1 \text{ kg Mo/ha})/0,39 = 0,26 \text{ kg/ha}$.

- Sulfato de zinco: $5,0 \text{ g Zn/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha} = (10,0 \text{ kg Zn/ha})/0,20 = 50 \text{ kg/ha}$

Mistura de micronutrientes: $77,36 \text{ kg/ha} = 38,7 \text{ g/cova}$.

Substituindo por FTE (50 g/cova) = $50 \text{ g/cova} \times 2.000 \text{ covas/há} = 100 \text{ kg/ha}$.

- necessidade de adubos na condução:

- Admitindo, três coberturas mensais de N e K_2O de 40 kg/ha cada, teríamos até os 120 dias do plantio:

- Cloreto de potasio(KCl): $120 \text{ kg/ha de } K_2O / 0,6 = 200 \text{ kg de KCl}$.

- Uréia: $120 \text{ kg/ha de N} / 0,45 = 227 \text{ kg/ha de uréia (alternativa)}$.

- Sulfato de amônio (SAM): $120 \text{ kg/ha de N} / 0,20 = 600 \text{ kg/ha de SAM (mais recomendado para carregar enxofre para o sistema)}$.

- seguindo a programação de área não corrigida:

- Uréia: $(175 \text{ g N/cova} \times 2.000 \text{ covas/ha})/0,45 = 778 \text{ kg/ha}$.

- Superfosfato simples: $(100 \text{ g } P_2O_5/\text{cova} \times 2.000 \text{ covas/ha})/0,18 = 1.111 \text{ kg/ha}$.

- KCl: $(300 \text{ kg } K_2O/\text{cova} \times 2.000 \text{ covas/há})/0,60 = 1.000 \text{ kg/ha}$.

- necessidade de adubo na produção:

- admitindo uma produtividade de 30 t/ha de cacho de banana, teor foliar médio de nitrogênio e teor médio de fósforo e adequado de potássio na análise do solo, a recomendação seria de 230-70-270 kg/ha de $N-P_2O_5-K_2O$. Isto corresponderia a aplicação de:

- Uréia: $230/0,45 = 511 \text{ kg/ha}$;

- Superfosfato simples: $70/0,18 = 389 \text{ kg/ha}$.

- Cloreto de potássio: $270/0,60 = 450 \text{ kg/ha}$.

Esses nutrientes teriam que ser aplicados em 3 a 4 aplicações durante o período chuvoso ou durante o ano, conforme as recomendações especiais previstas.

É importante observar que as quantidades recomendadas a partir do primeiro ano, variarão intensamente dependendo do estado nutricional da cultura, do teor de fósforo e potássio do solo, expectativa de produtividade no segundo ano.

9.3. Exemplo prático: calagem e adubação tomate

- Interpretação da análise de solo do PA Nova Amazônia:

a) situação: pH – médio; MO, P, K, Ca e Mg – baixos. Sat. por Al – alta; Sat. por bases – muito baixa.

b) diagnóstico: solo ácido, muito pobre em nutrientes e com possível toxidez de alumínio.

- Recomendação de calagem:

$$NC = (80 - 8) * 2,79 / 85 = 2,36 \text{ t/ha de calcário dolomítico (PRNT 85\%).}$$

- Recomendação de adubação corretiva: não é recomendada pela diretriz técnica usada.

- Adubação orgânica: aplicar 40 a 60 m³ /ha de esterco bovino bem curtido ou composto.

- Adubação mineral:

- plantio: aplicar nos sulcos, 8 a 10 dias antes do transplante, 60-800-150+3+5 kg/ha de NPK + B + Zn.

- Cobertura: aplicar 200 a 300 kg/ha de N e 240 a 390 kg/ha de K₂O, parcelando em 4 a 6 vezes em intervalos de 15 a 20 dias entre as aplicações. Quanto mais produtiva for a variedade usada e maior a produtividade esperada (até 100 t/ha), como experiência já medida pelo produtor na sua propriedade ou na região, maior a dose de nutriente a aplicar.

- implementação da adubação:

O tomateiro é plantado em sulcos ou covas distanciadas em 1,0m com as mudas fixadas a 0,8m de distância entre si. Assim, os adubos podem ser distribuídos em sulco no plantio e em covas, em cobertura. Em operação mecanizada, distribuir em linhas.

Um hectare de tomate tem (10.000/1,0) 10.000 m lineares de sulco. Ou [10.000/(1,0 x 0,8)=] 12.500 covas.

Assim, no plantio deve-se aplicar:

- 60 kg/ha de N ou (60/0,14) 428 kg/ha de nitrato de cálcio ou (428.000g/10.000 m =) 42,8 g/m de nitrato de cálcio;

- 800 kg/ha de P₂O₅ ou (800/0,38) 2.105 kg/ha de superfosfato triplo ou (2.105.000g/10.000m) 210 g/m de superfosfato triplo;

- 150 kg/ha de K₂O ou (150/0,60) 250 kg/ha de cloreto de potássio (KCl) ou (250.000g/10.000m) 25 g/m de cloreto de potássio.

- 3 kg/ha de B ou (3/0,17) 17,6 kg/ha de ácido bórico ou (17.600 g/10.000m) 1,76 g/m de ácido bórico.

- 5 kg/ha de Zn ou (5/0,20) 25 kg/ha de sulfato de zinco ou (25.000g/10.000m) 2,5 g/m de sulfato de zinco.

- 60 m³ de esterco ou 60.000 litros/10.000 m ou 6 litros de esterco/m de sulco. Este insumo também pode ser aplicado em área total e incorporado na camada de 0-20 cm.

A melhor forma de operar isso é fazer uma mistura com as quantidades totais a ser aplicado na área e preparar uma medida calibrada, com frascos de plásticos (garrafas PET), no volume necessário para aplicar o total previsto por dado comprimento de linha (ex.: 5 m ou 10 m).

Em cobertura, se se decidir aplicar 300 kg/ha de N e 390 kg/ha de K₂O, serão necessários:

- uréia: $300/0,45 = 667$ kg/ha. Aplicados em 6 doses quinzenais de 111 kg/ha/dose ou (111.000g/12.500 covas) 8,88 g/cova/dose de uréia aplicada.

- Cloreto de potássio: $390/0,6 = 615$ kg/ha. Aplicados em 6 doses quinzenais de 103 kg/ha/dose ou (102.500g/12.500 covas) 8,20 g/cova.

- um formulado de relações NPK 0-3-4, como a mistura 00-21-28 poderia ser utilizado.

Neste caso, seria aplicados: $[(300+390)/(21+28)] \times 100 = 1.408$ kg/ha ou seis doses de 235 kg/ha ou 18,8 g da mistura/cova.

9.4. Exemplo prático: Calagem e adubação na melancia

- Interpretação da análise de solo da área a ser cultivada no Município do Cantá

a) situação: pH – médio; MO – baixa; P – muito baixo; K, Ca e Mg – muito baixos ou baixos; Al – alto; Al - médio; saturação por Al – alta; saturação por base – muito baixa.

b) diagnóstico: solo de média acidez, muito pobre em P e em bases trocáveis, com presença de alumínio em nível prejudicial ao desenvolvimento da cultura.

- Recomendação de calagem:

NC= $[(70-10) \times 3,47]/85 = 2,45$ t/ha de calcário dolomítico (85% PRNT)

- Recomendação de adubação orgânica:

20 m³/ha de esterco bovino. Ou $\{20.000L/[10.000/(2 \times 2,5)]\}$ 10 L/cova.

- Recomendação de adubação NPK: 120-160-150 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O

- *Plantio: 30-100-40% do adubo NPK ou 36-160-60 kg/ha*

- *Superfosfato triplo: $160/0,38 = 421$ kg/ha ou $\{421.000g/[10.000/(2 \times 2,5)]\}$ 210 g/cova.*

- *formulado 18-00-30: $36/18 * 100=60/30*100 = 200$ kg/ha ou 100 g/cova.*

- *Cobertura: 84-00-90 kg/ha de NPK.*

- *a partir do formulado 20-00-20 de NPK: $[(84+90)/(20+20)] \times 100 = 435$ kg/ha ou 217,5 g/cova ou 72,5 g/cova/aplicação.*

10. Adubação orgânica

A adubação orgânica é a prática mais antiga e difundida de melhoria da fertilidade do solo. Ela é praticada desde o início da agricultura e é fundamentada no ato de restituir ao solo os restos orgânicos de animais e plantas para permitir a correção, manutenção e, ou aumento da produtividade dos cultivos ao longo do tempo. Pela legislação brasileira é considerado adubo orgânico todo fertilizante de origem vegetal ou animal contendo um ou mais nutrientes das plantas. Assim, tem-se os adubos orgânicos de origem vegetal (restos de culturas, adubos verdes, tortas de oleaginosas, tortas de filtro Oliver, Vinhaça, turfa etc), animal (sangue dessecado, farinha de carne, couro moído, farinha de cascos e chifre, guano, restos de peixes etc) e mistos (estercos de diversos animais, composto orgânico, lixo, resíduo de esgoto) (Malavolta, 1981).

Os adubos orgânicos tem efeitos sobre as partes física, química e biológicas do solo. Entre outras ações benéficas, podem ser enumeradas: (i) na parte física: redução das oscilações térmicas; agregação das partículas de areia, silte e argila; aumenta a estabilidade estrutural; aumenta as permeabilidades hídricas e gasosas; reduz a erosão; e aumenta a capacidade de retenção de água do solo; (ii) na parte química: aumenta o poder tampão; regula o pH; aumenta a capacidade de troca catiônica; mantém os cátions em forma trocáveis; reduz a adsorção de fósforo; fornece parte dos nutrientes, depois da mineralização; e mantém as reservas de nitrogênio; e (iii) na parte microbiológica: favorece a respiração das raízes; facilita a germinação das sementes; regula a atividade microbiana; favorece a solubilização de compostos minerais; favorece a sanidade das raízes; e serve de alimentos ao microorganismos do solo (Terron, 1995, citado por Messias et al., 1998).

Os principais adubos orgânicos estão listados na tabela 30. São produtos comuns no dia-a-dia do agricultor, principalmente dos pequenos, os quais devem fazer uso adequado deles para potencializar sua produtividade agrícola e aumentar a rentabilidade e o bem estar na propriedade. Veja que pode ter até 45 kg/t de nitrogênio no esterco de aves e de até 22 kg/t, no esterco bovino, os quais o agricultor pode coletar na propriedade, se fizer crivação desses animais. Mesmo na sua ausência, o composto pode ser feito facilmente e haverá até 20-20-15 kg/t de NPK no composto a ser aplicado em diversas opções de pequeno cultivo na propriedade.

O adubo orgânico aplicado no primeiro ano, não disponibiliza todos os nutrientes nele contido logo no primeiro ano; além de sua ação no primeiro cultivo, parte dele é liberado lentamente por vários anos para os cultivos sucessivos a serem feitos na área, num efeito residual que depende da dose usada, de sua origem e composição. Em geral, espera-se que 50% do nitrogênio seja liberada no primeiro ano, juntamente com 60% do P_2O_5 e 100%

do potássio contido no fertilizante orgânico. Cerca de 20% do N e P_2O_5 é liberado no segundo ano e a fração restante nos anos seguintes (Raij et al., 1996).

Como critério geral de aplicação, são recomendadas as doses descritas na Tabela 31 para os diversos grupos de culturas e formas de aplicação.

Tabela 30. Valores mais comuns dos teores de umidade, nitrogênio, fósforo e potássio de adubos orgânicos

Material	Umidade	Teores no material sem secar		
		N	P_2O_5	K_2O
kg por tonelada de produto				
Esterco bovino	100-850	3-22	3-18	5-15
Esterco suíno	850-950	2-10	2-8	1-5
Esterco de aves	50-700	3-45	2-40	2-40
Composto	700	5-20	5-20	5-15
Lixo urbano	50-750	3-10	2-20	2-15
Lodo de esgoto	50-950	2-27	2-45	1-8
Torta de filtro	150-300	9-22	5-19	3-5

Fonte: Adaptado de Raij (1991).

Tabela 31. Quantidades recomendadas de adubo orgânico em diferentes formas de aplicação e grupos de culturas

Forma de aplicação e, ou, culturas aplicáveis	Quantidades
Aplicação em área total:	
Esterco de curral e composto	20 a 40 t/ha
Esterco de galinha	2 a 5 t/ha

Esterco líquido ou chorume	30 a 90 m ³ /ha
Vinhaça de mosto de melaço ou calda	50 a 150 m ³ /ha
Aplicação localizada:	Usar 1/3 a ½ do recomendado acima
Cultura de grãos	
Esterco de curral ou composto	10 a 20 t/ha
Esterco de galinha	2 a 3 t/ha
Horticultura (Hortas e pomares estabelecidos)	
Esterco de curral ou composto	30 a 50 t/ha
Esterco de galinha	5 a 10 t/ha
Horticultura (implantação do pomar)	
Esterco de curral ou composto	10 a 20 L/cova
Esterco de galinha	2 a 3 L/cova
Tortas de oleaginosas	
Mamona, na linha de plantio	500 a 2 t/ha
Manona, na cova	0,5 a 2 L/cova

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (1999).

- Enriquecimento do esterco:

Durante o processo de coleta e de fermentação do esterco ele pode ser enriquecido com nutrientes, especialmente fósforo, enxofre e cálcio, pelo uso de superfosfato simples ou de gesso. Isto ajuda a preservar o nitrogênio que é facilmente perdido por volatilização, durante o processo de fermentação.

Em geral, durante o período de coleta do esterco no estábulo, é recomendado o uso das seguintes doses de superfosfato simples (Ribeiro et al., 1999):

- esterco de curral com cama – 500 g/animal/dia.
- Estábulo de engorda e aviário – 30 g/m², duas vezes por semana.
- Pocilga – 100 a 150 g/m², duas vezes por semana.

Segundo Muntz e Girard, citado por Malavolta et al. (2002), a vaca leiteira estabulada produz cerca de 7 kg de esterco por 100 kg de peso vivo por dia. Em um ano, uma vaca de 500 kg de carcaça, chega a produzir 12,8 t de esterco. O autor recomenda o uso de 25 kg de superfosfato simples ou 50 kg de gesso por tonelada de esterco, para preservar o nitrogênio no estrume e enriquecê-los em nutrientes. Os autores também recomendam o uso de esterco enriquecido em NPK, na proporção de 24 de sulfato de amônio, 24 kg de superfosfato simples e 10 kg de cloreto de potássio para cada tonelada de esterco curtido. Neste caso, esse adubo organo-mineral deverá ser usado em menor quantidade do que o

esterco puro, aliando à forte capacidade do esterco em condicionar a física do solo a um maior poder de fornecimento de nutrientes. Em cada caso, o agricultor deve ver os custos cuidadosamente para emprego racional do capital disponível.

- cuidados na aplicação:

- a) no uso de torta de oleirosas, ficar atento ao valor de mercado do produto (pode não compensar aplicações > 1,0 t/ha). Após a aplicação, deixar o produto fermentar na cova ou sulco de plantio por 15 a 20 dias, antes da semeadura ou transplante da cultura desejada;
- b) esterco ou compostos: aplicados em área total, os produtos devem ser bem incorporado ao solo com aração ou gradagem. Aplicado abaixo da copa de alguma planta perene, deve ser misturado com a terra da superfície com uso de enxada (Malavolta, 1989). Se aplicado em cova, deve-se misturar com os adubos de fundação e aguardar 10 a 15 dias antes do plantio para evitar toxidez nas platinhas.
- c) Compostos ou esterco curtidos sem cuidado podem ter perdas de 30 a 60% do N, por volatilização ou excesso de água (lavagem de nutrientes). O seu enriquecimento com calcário, cinzas, fosfatos naturais e outros adubos solúveis, especialmente nos compostos orgânicos, ajuda a manter o nutriente no adubo orgânico final.
- d) por precaução, todo esterco deve ser curtido antes da aplicação. Em todo caso, por motivo de segurança, é preferível misturar o material com o solo e aguardar 15 a 20 dias para efetuar o plantio ou transplante de mudas.

11. Adubação verde

As diversas plantas existentes na natureza têm como características o acúmulo variado de nutrientes na sua parte aérea, em quantidades e proporções diversas, além de armazenamento de porções consideráveis destes no sistema radicular. Quanto mais extenso são suas raízes, mais profundo se desenvolver e quanto maior a capacidade de crescimento da planta, mais intenso é esse processo. A maioria das plantas do gênero das leguminosas tem a capacidade adicional de permitir que bactérias fixadoras de nitrogênio se associem a suas raízes, intensificando o processo de acúmulo desse nutriente na planta. Adicionalmente, essas plantas podem descompactar o solo e torná-lo um ambiente não propício ao desenvolvimento de pragas e doenças. A maioria dessas plantas são cultivadas como coberturas vivas do solo ou, quando dessecada, como formadora de palhada para o plantio direto. Todas fazem a reciclagem de nutrientes no solo, porém dada

a capacidade de fixar nitrogênio das leguminosas associadas com bactérias nas suas raízes, essas são mais usadas com o propósito de adubação verde – pois adicionam no solo o nitrogênio existente no ar atmosférico e o deixa disponível para as culturas seguintes, de interesse econômico (Raij, 1991).

O agricultor quando abandona a área, deixa a vegetação nativa a retomar e, depois de alguns anos volta a cultivá-la novamente, inconscientemente faz uma adubação verde na área. Pois verá que ela está mais produtiva.

Chama-se adubos verdes as plantas herbáceas que se cultivam com o fim único de incorporá-la ao solo (Malavolta, 1981, 1989). Esses adubos aumentam a matéria orgânica do solo, devolvem às camadas aráveis os nutrientes que as raízes absorveram e foram encaminhados para a parte aérea, melhoram a estrutura do solo, retêm os nutrientes que seriam perdidos por lixiviação (arrastamento em profundidade pelas águas da chuva) e incorpora nitrogênio no solo, fazendo uma verdadeira adubação a custo muito reduzido. Segundo Malavolta et al. (2002), são comuns citações de trabalhos onde 150 a 160 kg/ha de nitrogênio foram incorporados pelas leguminosas, havendo casos de até 330 kg/ha, considerando apenas a parte aérea da planta. Oliveira et al. (1999) relacionaram trabalhos onde se mediram os seguintes potenciais de incorporação de nitrogênio pela parte aérea das plantas, no momento de sua incorporação ao solo: *crotalaria juncea* – 189 kg/ha; feijão-de-porco – 150 kg/ha; Guandu anão – 103 kg/ha; *crotalaria spectabilis* – 137 kg/ha; mucuna-cinza – 179 kg/ha; e mucuna – preta – 161 kg/ha. Nesse trabalho, a vegetação espontânea incorporou apenas 31 kg/ha de nitrogênio no mesmo período.

Como esse fenômeno é universal, o agricultor deve ficar atento para as oportunidades de usar esse recurso, que é barato e tem resultado garantido. Assim, se houver alguma área onde ele não vá cultivar este ano, o melhor é semear com leguminosas, para poder cultivá-la com mais produtividade na safra seguinte. Do mesmo modo, em pomares com plantas perenes de porte alto ele pode plantar leguminosas para fornecer nitrogênio para sua cultura principal.

Apesar da tecnologia ser barata, alguns cuidados precisam ser tomados: i) se o solo for muito ácido e pobre, deve-se corrigir com calcário e adubar com doses moderadas de fósforo e potássio; ii) a planta deve ser incorporada ao solo ou dessecada, por ocasião da emissão de sua inflorescência; iii) sempre que possível, a leguminosa deve ser inoculada com inoculante específico; e iv) procurar informações técnicas adicionais para definir os melhores materiais a serem cultivados.

O uso da técnica de alley crops (avenida ou corredor vegetado) é outra alternativa dentro da ótica da adubação verde e bem disseminada na região tropical. Neste caso, dentro da

lavoura perene é mantido diversas linhas de determinada leguminosa desejável. Essa planta tem seus ramos periodicamente cortados, os quais são depositados no caule da cultura de interesse econômico, onde funcionará como cobertura morta, inicialmente, e como adubo verde, à medida que vai se decompondo.

12. Adubação foliar

As plantas comumente absorvem a maior parte dos nutrientes que precisam pelas raízes. Apesar disso, elas mantêm a capacidade de absorção de nutrientes pelas células das folhas, o que torna possível alimentá-las por esse caminho, quando necessário.

Para a maioria das culturas o fornecimento de nutrientes deve ser fundamentado na adubação de plantio (base) e nas adubações de cobertura. Entretanto, alguns nutrientes, principalmente os exigidos em pequenas quantidades (micronutrientes), podem ser fornecidos por meio de pulverizações foliares durante o ciclo vegetativo das culturas. Tal forma de fornecimento de micronutrientes é especialmente adotada em culturas perenes (fruteiras) ou em culturas de ciclo rápido, como as hortaliças.

O fornecimento regular da maior parte dos macronutrientes por aplicações foliares não é recomendado, devendo ser preferido as adubações de fundação e de cobertura. Isso ocorre por tais nutrientes serem exigidos pelas plantas em grandes quantidades, dificultando seu suprimento a partir de pulverizações foliares, devido ao grande número de aplicações necessárias. Porém, algumas culturas necessitam de aplicações foliares de cálcio, para manter a qualidade dos frutos (ex.: tomate e melancia). Assim, a adubação foliar normalmente é feita para os micronutrientes, para o macronutriente secundário cálcio em culturas sensíveis e solos específicos (baixo a médio teor de Ca e adubação potássica pesada), podendo ser usada emergencialmente para os demais nutrientes quando os sintomas de deficiências forem visíveis. Neste caso, a adubação foliar é uma ferramenta fundamental para corrigir desbalanços nutricionais de macro e micronutrientes durante o ciclo da cultura no campo, eventualmente salvando a lavoura de maiores quedas de produtividade.

Dentre os principais fatores que influenciam a absorção de nutrientes pelas folhas destacam-se:

- a) Ângulo de contato da gota com a superfície da folha: Quanto mais espalhada estiver a gota sobre a folha, melhor será para a absorção. Para isso, recomenda-se o uso de espalhantes e adesivos, além de bicos de pulverização que proporcionem gotas menores.
- b) Temperatura e umidade: Temperatura elevada reduz a absorção por fazer com que a solução aplicada sobre a folha seque muito rapidamente. Umidade elevada também reduz a absorção foliar por diminuir o contato do produto com a superfície das folhas.
- c) Concentração da solução: Quanto mais concentrada a solução, maior a absorção foliar. Porém, soluções com elevadas concentrações podem apresentar maior custo e ainda podem queimar as folhas.
- d) Composição da solução: A velocidade de absorção varia de acordo com o elemento em solução e diminui na seguinte ordem: $N > K > Mg > Ca > Mn \gg Zn > Cl > P \gg S > Fe \gg Mo$. Com relação ao N em solução, caso ele seja fornecido por meio da uréia, sua velocidade de absorção será maior em relação ao seu fornecimento por meio do nitrato ou do amônio. O uso de uréia e KCl na solução para adubação foliar contribui com a absorção de micronutrientes. Dessa forma, em culturas anuais deve-se utilizar 0,5% de uréia e 0,25% de KCl na solução, enquanto que em culturas perenes é possível utilizar 1,0 % de uréia e 0,5% de KCl com esse objetivo.
- e) Ânion acompanhante: A ordem decrescente de velocidade de absorção foliar em relação ao ânion acompanhante é a seguinte: $NO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-} > H_2PO_4^-$. Vale lembrar que foi constatada redução de 50% na absorção de Zn (na cultura do café) na presença de cobre ou boro, em virtude de reações antagônicas.
- f) pH da solução: Influencia as cargas (+ ou -) do elemento na parede celular. Trabalhos mostram que há maior absorção de cátions mediante pH entre 5 e 6.
- g) Luminosidade: Atua como fonte de energia, garantindo maior metabolismo e, conseqüentemente, maior absorção e translocação dos nutrientes.
- h) Estado iônico interno: Trata-se de um fator interno da planta. A absorção foliar ocorre por difusão de modo que, a alta concentração interna de nutrientes na planta reduz a absorção foliar.
- i) Superfície da folha: Cutícula mais fina na face inferior das folhas aumenta a velocidade de absorção.

j) Idade da folha: Folhas mais novas apresentam maior velocidade de absorção por apresentarem metabolismo mais intenso e cutícula menos espessa.

A adubação foliar deve ser feita dentro de um programa de adubação previamente planejado. Idealmente, ela deve ser aplicada no período de maior necessidade de nutrientes da planta, o que ocorre entre o plantio e o início do florescimento nas culturas anuais, e pouco antes do florescimento, no período de crescimento dos frutos, no período de vegetação intensa de culturas perenes e quando os seus frutos se desenvolvem (Malavolta, 1989). Quando usada em condições emergenciais (ou seja, no aparecimento de sintomas visíveis), ela pode ser aplicada em qualquer época.

Em todo caso, deve-se obedecer às recomendação do fabricante do adubo foliar quanto às especificações de concentração, necessidade de espalhante adesivo, pressão de trabalho do pulverizador (que influencia no número de gotas/cm² e no seu diâmetro médio), condições de aplicação da calda (misturas com defensivos e pH necessário) e do tempo (não deve ventar muito no período de aplicação). Em geral, quanto maior a pressão de trabalho (30 a 60 PSI), maior a possibilidade de aplicar o produto em maior concentração sem haver efeito tóxico. O uso de jato tipo cone é essencial para obter bons resultados na adubação foliar.

Na ausências de recomendações mais específicas ou se se optar pela diluição dos adubos sólidos tradicionais para aplicação foliar na lavoura, considerar as concentrações apresentadas na Tabela 32 como uma diretriz técnica para evitar queimadura das folhas.

A adubação foliar permite uma correção rápida da deficiência diagnosticada. Esse diagnóstico pode ser feito por diagnose visual ou, permanecendo a dúvida, por diagnose foliar ou análise foliar. Neste caso, tem-se que colher amostras de folhas e enviar com urgência ao laboratório mais próximo. Assim, que o diagnóstico ficar pronto, deve-se fazer as aplicações necessárias.

- A diagnose visual

O diagnóstico por meio dos sintomas visíveis nas plantas, que são característicos de cada elemento, é chamado de diagnose visual. Para tanto, o técnico tem que treinar o olho em problemas práticos do dia-a-dia, em literaturas especializadas e em cursos de aperfeiçoamento.

O método é muito simples. Deve-se:

1. verificar a área como um todo para ver se o sintoma é generalizado (típico de deficiências) ou em reboleira (ataques de pragas e doenças). Confusões com pragas, doenças e problemas fisiológicos podem ocorrer (Tabela 33).
2. observar em que folhas ele aparece. Se na parte de baixo, podem ser N, P, K e Mg, Mo; se na parte superior, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn;
3. Observar se há simetria, ou seja, se os sintomas são comuns em folhas alternadas na mesma altura na planta;

Tabela 32. Recomendações para a correção de deficiências por via foliar

Deficiência de	Cultura	Forma de aplicação	Concentração kg/100 litros
Nitrogênio	Abacaxi	Uréia	3,0-12,0
	Batatinha	Uréia	2,0-2,5
	Cafeeiro	Uréia	1,0-2,0

	Cana-de-açúcar, banana, manga, chá	Uréia	1,25-3,0
	Videira	Uréia	0,50-0,75
	Tomateiro	Uréia	3,0-2,5
Fósforo	Cafeeiro	Super simples	1,0
	Cana-de-açúcar	Fosfato de amônio ou potássio	0,5-2,0
Potássio	Cafeeiro	Cloreto, sulfato, nitrato	0,5
	Citrus	Sulfato de potássio	0,6-1,2
		Nitrato de potássio	0,3-1,2
Cálcio	Aipo	Cloreto de cálcio	1,8-2,4
	Tomateiro (podridão estilar)	Cloreto de cálcio	0,6-2,4
Magnésio	Aipo, citrus, tomateiro	Sulfato de magnésio	1,0-2,0
Boro	Aipo, beterraba, crucíferas, frutíferas	Bórax ou boratos solúveis	0,1-0,3
	Cafeeiro	Ácido bórico	0,3-0,5
Cobre	Hortaliças e frutíferas	Calda bordaleza e sulfato	0,2-0,5
Ferro	Abacaxi, sorgo	Sulfato	0,6-3,0
Manganês	Aipo, citrus, feijões, soja, tomateiro	Sulfato	0,4-0,8
Molibdênio	Citrus (mancha amarela), couve-flor (whiptail), repolho	Molibdato de sódio ou amônio	0,02-0,05
Zinco	Plantas anuais	Sulfato	0,25-0,40
	Plantas perenes	Sulfato	0,60-1,00

Fonte: Adaptado de Malavolta (1989).

Obs.: i) a concentração na calda, se refere ao fertilizante usado como fonte do elemento que se deseja aplicar; ii) no uso de aplicação a alto volume (100 a 400 L/ha) não ultrapassar a concentração de 3% para o somatório da combinação dos adubos foliares aplicados; iii) todos os sulfatos devem ter sua acidez neutralizada com cal extinta (0,5 a 1,0%); iv) os produtos formulados no mercado para aplicação foliar devem ser diluídos para alcançar concentrações globais dos sais entre 0,5 e 3,0% ou conforme instruções dos fabricantes; v) Os produtos vendidos no mercados com concentrações de micronutrientes muito baixa, não servem para corrigir deficiência destes elementos, apenas fornece um reforço adicional ao teor já existente na folha.

4. Ver se há gradiente. Os sintomas se agravam de baixo para cima nos nutrientes N, P, K e Mg, Mo; e de cima para baixo, nos demais.

5. Verificar as características dos sintomas. Na parte inferior da planta: a clorose (amarelecimento) é geral na folha de baixo – N; é interneval – Mg, K; há necrose (morte de células) nas bordas das folhas – P. Na parte superior: há clorose generalizada no ponteiro

– S; ou ela é internerval. Neste caso, as nervuras são aparentes e grossas sobre um fundo amarelo – Mn; ou são finas sobre o fundo amarelo – Fe; a clorose é interneval, mas o porte da planta é muito pequeno – Zn; ou houve morte do ponteiro – Ca; ou esse enrugamento estar associado com endurecimento e encarquilamento do limbo foliar no ponteiro, cujas folhas ficam quebradiças – B. Esses sintomas estão resumidos na Tabela 34, podendo variar em algumas plantas.

Detectado o sintoma ou suspeitando dos sintomas, deve-se aplicar as medidas corretivas necessárias, podendo-se aplicar simultaneamente mais de um nutriente que se considere problema.

Tabela 33. Distinção entre deficiências e excessos nutricionais, desordens fisiológicas, pragas e doenças

Causa	Padrões
Deficiências minerais	Generalizada no campo e na exposição (N, S, E, O)
	Simetria, Gradiente

Excesso	Generalizada ou não
	Uma ou mais espécies
	Simetria, Gradiente
Desordens fisiológicas	Escaldadura de queimadura por sais
	Manchas secas e grandes em frutos e folhas
	Página inferior da folha prateada (epiderme destaca-se do mesófilo)
	Vento: folhas rasgadas, margens secas
	Manchas pequenas (areia transportada)
	Frio: amarelecimento ou cor roxa (ver exposição)
	Enrolamento e deformação de folhas: calor excessivo, herbicida
Pragas	Deformações: insetos sugadores (não generalizadas)
	Furos: besouros, lagartas (não generalizados)
	Manchas pequenas e amareladas: sugadores, trips, gafanhotos, ácaros (não generalizadas)
	Pragas nas raízes: murchamento das folhas e ramos, morte descendente ou secamento dos ponteiros (não generalizado)
Doenças	Vírus: menor crescimento, sintomas foliares com ou sem simetria e gradiente (não generalizados)
	Manchas: bactérias (não generalizadas no campo e na planta)
	Fungos: presença de hifas ou esporos (não generalizados)

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997), com modificações.

Tabela 34. Chave geral para identificação dos sintomas de deficiências (-) e excessos (+)

Sintoma	Causa mais provável
----- Folhas ou órgãos mais velhos -----	
1. Clorose em geral uniforme (dicotiledôneas)	- N
2. Cor verde azulada com ou sem amarelecimento das margens	- P
3. Clorose e depois necrose das pontas e margens; clorose internerval nas folhas	- K

novas (dicotiledôneas)	
4. Clorose internerval seguida ou não da cor vermelho-roxa	- Mg
5. Murchamento (ou não), clorose e bronzeamento	- Cl
6. Clorose uniforme, com ou sem estrangulamento do limbo e manchas pardas internavais; encurvamento (ou não) do limbo	- Mo
7. Cor verde azulada com ou sem amarelecimento das margens	+ Al
8. Pontuações pequenas e pardas perto das nervuras; coalescência, encarquilhamento e clorose; internódios curtos	+ Mn
9. Clorose mosqueada perto da margem, manchas secas perto das margens e na ponta	+ B
10. Manchas aquosas e depois negras no limbo entre as nervuras	+ Cu
11. Ver nitrogênio (leguminosas)	- Co
----- Folhas ou órgãos mais novos -----	
1. Murchamento das folhas, colapso do pecíolo; clorose marginal; manchas nos frutos; morte das gemas	- Ca
2. Clorose geralmente uniforme	- S
3. Folhas menores e deformadas; morte da gema; encurtamento dos internódios; superbrotamento de ramos; suberização de nervuras; fendas na casca	-B
4. Murchamento, cor verde azulada, deformação no limbo; encurvamento dos ramos; deformação das folhas; exsudação de goma (ramos e frutos)	- Cu
5. Clorose, nervuras em reticulado verde e fino	- Fe
6. Clorose, nervuras em reticulado verde e grosso, tamanho normal	- Mn
7. Lanceoladas (dicotiledôneas), clorose internerval, internódios curtos; morte de gemas ou região de crescimento	- Zn
8. Necrose nas pontas	- Ni

Fonte: Malavolta et al. (1997).

13. Considerações finais

A correção do solo e a adubação são os componentes do sistema de produção que contribuem com 30 a 50% da produtividade da maioria das lavouras. Em condição de solos muito pobres em nutrientes, como os existentes em Roraima, constituem condição básica para se estabelecer qualquer processo produtivo racional e sustentável. A análise de solo e a análise foliar são elementos essenciais cuja interpretação correta, aliada à

recomendação de adubação adequada, aperfeiçoa o uso dos recursos e favorece a obtenção dos melhores resultados produtivos e econômicos.

Na ausência de dados locais para as recomendações, a extrapolação de resultados de outras regiões pode induzir ao uso de doses elevadas ou muito baixas de nutrientes para algumas culturas. Assim, o técnico deve ficar atento aos seguintes pontos: i) o custo anual com a adubação não pode exceder 30% do custo de produção das culturas anuais e 10% das olerícolas e frutíferas, exceto mediante necessidade de práticas corretivas (calagem, gessagem, fosfatagem e potassagem) que devem ser contabilizadas como investimentos com retorno completo entre 3 e 5 anos; ii) A adubação deve ser feita até o ponto em que o preço do produto colhido pague o custo adicional com adubo.

Os técnicos devem estar atentos para que não sejam geradas recomendações com doses excessivas e para que não haja desperdício de insumos durante o manuseio. Além disso, devem estar bem informados das condições do mercado, especialmente dos preços dos diferentes tipos de fertilizantes oferecidos na região. Aconselha-se que compras de pequeno volume de fertilizantes sejam evitadas devido ao alto custo de aquisição e de transporte. A compra de fertilizantes também deve ser planejada com antecedência e, se possível, ser feita em conjunto a partir de cooperativas ou associações para reduzir os custos de aquisição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. XII, p. 737-768.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC – CFS – RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Passo Fundo, SBCS-NRS, 1995. 224p.

COSTA, M. C. G.; FERREIRA, G. B. Critérios de amostragem para análise de solo. Embrapa Roraima. Folder 12, 2006.

COSTA, M. C. G. Avaliação da Fertilidade do Solo. Embrapa Roraima. DOC 05, 2005.

FERREIRA, G. B.; MATTIONI, J. A. M.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P.; MELO, V. F. Recomendação de Calagem pelo Método do pH SMP para o Cerrado de Roraima. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico 07, 2007.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998.

KAMPRATH, E.J & WATSON, M.E. Conventional soil and tissue testing for assessing the phosphorus status of soils. In: SYMPOSIUM ON ROLE OF PHOSPHORUS IN AGRICULTURE, 1976. Tennessee Valley. Proceedings. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 433-469.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubações. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 5. ed. São Paulo: Ceres, 1989. 304 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MELO, V.F.; GIANLUPPI, D.; UCHÔA, S.C.P. Características edafológicas dos solos do Estado de Roraima. Boa Vista-RR: DSI/UFRR, 2004.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Boletim Técnico nº 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aprox. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Utilização agrônômica de corretivos agrícolas. Piracicaba: FEALQ/GAPE, 2001. 96 p.

Embrapa

Roraima

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO

