

CERRADO

Correção do solo e adubação

2ª edição

Editores
Djalma Martinhão Gomes de Sousa
Edson Lobato

Embrapa

CERRADO

Correção do solo e adubação

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

CERRADO

Correção do solo e adubação

2ª edição

Editores Técnicos

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Embrapa Informação Tecnológica

Brasília, DF

2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Embrapa Informação Tecnológica
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Embrapa Cerrados

BR-020, km 18, Rodovia Brasília-Fortaleza
Caixa Postal 08223
73301-970 Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Supervisão editorial

Nilda Maria da Cunha Sette

Revisão de texto

Maria Helena Gonçalves Teixeira
Nilda Maria da Cunha Sette

Normalização bibliográfica

Maria Alice Bianchi

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Wellington Cavalcanti

Capa

Chaile Cherne Soares Evangelista

Fotos da capa

Fernando Bueno
Embrapa Cerrados

Ilustrações

Chaile Cherne Soares Evangelista
Wellington Cavalcanti

Impressão e acabamento

Embrapa Informação Tecnológica

1ª edição

1ª impressão (2002): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2004): 2.000 exemplares
2ª impressão (2005): 2.000 exemplares
3ª impressão (2008): 2.000 exemplares
4ª impressão (2012): 2.000 exemplares
5ª impressão (2014): 1.500 exemplares
6ª impressão (2016): 2.000 exemplares
7ª impressão (2017): 1.000 exemplares
8ª impressão (2017): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Cerrado: correção do solo e adubação/ Editores Técnicos Djalma
Martinhão Gomes de Sousa, Edson Lobato. – 2. ed. – Brasília,
DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
416 p. : il. (algumas color.).

ISBN 85-7075-230-4

1. Cerrado - solo. I. Sousa, Djalma Martinhão Gomes de. II.
Lobato, Edson.

CDD 631.42 (21. ed.)

© Embrapa 2004

Autores

Adriana Reatto

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Arminda Moreira de Carvalho

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cláudio Sanzonowicz

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Químico, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Edson Lobato

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fertilidade do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Enéas Zaborowsky Galrão

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa, Brasília, DF

Iêda de Carvalho Mendes

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

João Roberto Correia

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José Eurípedes da Silva

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa, Brasília, DF

Leide Rovênia Miranda de Andrade

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Lourival Vilela

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Manuel Cláudio Motta Macedo

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Mariangela Hungria

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR

Marília Lobo-Burle

Engenheira-agrônoma, mestre em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Milton Alexandre Teixeira Vargas

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Bioagri Laboratórios, Planaltina, DF

Sebastião Alberto de Oliveira

Químico, doutor em Agronomia, professor da Universidade de Brasília, Brasília, DF

Silvio Tulio Spera

Engenheiro-agrônomo, mestre em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Thomaz Adolpho Rein

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Wilson Vieira Soares

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, Brasília, DF

“Não é o desenvolvimento tecnológico que corrompe o homem. Sua deterioração moral é prévia, e é ela que o inclina fatalmente a buscar nos bens materiais e no poderio econômico a única fonte de felicidade.”

Jorge Angel Livraga

Aos produtores rurais, com nosso respeito, dedicamos esta obra.

Os autores

Agradecimentos

Aos autores que contribuíram para a elaboração dos capítulos.

Às Empresas Estaduais de Pesquisa Agropecuária, Universidades e demais instituições que compõem o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, atuando no Cerrado e que participaram conosco do esforço de pesquisa para cobrir a extensão e a diversidade regionais.

A todos aqueles que contribuíram na análise crítica dos textos, revisão de textos, confecção de figuras e editoração.

À Embrapa Cerrados pelas condições de trabalho.

Nosso muito obrigado.

Os Editores Técnicos

Apresentação

A região do Cerrado é o maior Bioma do País depois da Floresta Amazônica, com 204 milhões de hectares, com grande importância no cenário agrícola nacional e mundial, sendo, ao mesmo tempo, importante reserva da biodiversidade e fronteira produtora de alimentos. É possível, com tecnologia, incorporar ao sistema produtivo até 127 milhões de hectares, mantendo 38% do Cerrado como reserva natural.

Desde o início da ocupação agrícola do Cerrado, essa região vem apresentando desenvolvimento excepcional. Para exemplificar, em 2002–2003, o Cerrado brasileiro foi responsável por 54% da produção nacional de soja, com produtividade média de 3 mil kg/ha, superior à média nacional que foi de 2.782 kg/ha. Exemplos como esse podem ser estendidos a outras culturas, como a do algodão, do milho, do arroz e do feijão que correspondem a respectivamente, 76%, 28%, 18% e 22% da produção nacional. Na pecuária, o Cerrado já responde por 41% dos 176 milhões de bovinos do rebanho nacional, responsáveis por 55% da produção de carne do Brasil.

Sem dúvida, um dos principais fatores responsáveis por esse desempenho foi a geração de tecnologias que permitiram a incorporação de solos, altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, ao processo produtivo agrícola. Entre essas tecnologias, as técnicas para a correção e a adubação dos solos do Cerrado constituem alguns dos grandes destaques da pesquisa agrícola nos trópicos.

Em 1985, a Embrapa Cerrados lançou o livro Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo, disponibilizando aos técnicos e produtores da região uma série de informações imprescindíveis para o manejo sustentado dos solos. Dezesete anos depois, em 2002, a Embrapa Cerrados lançou o livro *Cerrado: correção do solo e adubação*, contendo informações acumuladas ao longo de 27 anos de pesquisa para atender, novamente, à grande demanda do público. Este livro, esgotado em poucos meses, está sendo reeditado com pequenas mudanças no sumário que deverão facilitar sua leitura.

Esperamos, com isso, continuar contribuindo para as mudanças na agricultura tropical.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Prefácio

O gerenciamento de uma propriedade agrícola é atividade complexa. São dezenas de variáveis envolvidas, sendo algumas controláveis e outras não controláveis pelo produtor. O descuido de apenas uma delas pode resultar no insucesso do empreendimento.

Na economia globalizada e com os protecionismos para as agriculturas, especialmente dos países mais ricos, impõe-se um desafio ainda maior aos nossos produtores. A margem para equívocos ou impropriedades deixa de existir.

Não há duas propriedades agrícolas iguais e, assim sendo, não existem receitas únicas. Cabe ao técnico, à luz dos conhecimentos disponíveis, produzir as recomendações para cada propriedade onde os aspectos de oferta ambiental, recursos humanos e financeiros, capacidade gerencial, entre outros, devem ser considerados.

Em ciência especialmente na área biológica, em geral, fala-se em probabilidades. Na maioria das vezes, trabalha-se com 95% de probabilidade de ocorrência de um evento. Há, pois, 5% de chance de que o evento não aconteça conforme o previsto. Quando se prevê determinado comportamento de uma espécie vegetal, reagindo a um estímulo como a adubação, está se falando, em média, de um conjunto de observações. Há dispersão de ocorrências em torno dessa média. O conhecimento e a experiência local podem e devem ser considerados, ajustando, se for o caso, a média às

situações locais. Na extrapolação de informações, é importante conhecer os fundamentos que lhes dão suporte para definir a possibilidade de seu uso irrestrito ou da necessidade de adaptações.

Publicação alguma substitui o agente da extensão rural ou o técnico preparado para a tarefa de prover orientação técnica.

Fazer agricultura ou pecuária em solos pobres em nutrientes como os do Cerrado pressupõe bom controle de um dos fatores controláveis do processo – a correção da fertilidade do solo, em níveis desejáveis, para dar sustentabilidade ao negócio agrícola.

Essencialmente, a agricultura nos solos de Cerrado difere das áreas com solos mais férteis apenas na correção da pobreza natural de nutrientes e da sua acidez. Uma vez superada essa limitação, a situação é a mesma de qualquer agricultura bem feita em qualquer local onde se procura restituir ao solo os nutrientes extraídos e exportados como produto agrícola, pecuário ou florestal e perdidos de alguma forma.

Para a elaboração deste texto, contou-se com resultados de pesquisa próprios de cada autor, de outros autores, relatados em suas publicações, a vivência de cada um no dia a dia, de contatos com outros pesquisadores, professores, extensionistas rurais, agentes de assistência técnica, produtores rurais, produtores de insumos, estudantes, processadores e consumidores do produto agrícola.

A expectativa em relação à este livro é a de colaborar com a produção de recomendações de correção do solo e de adubação compatíveis com os fatores de produção disponibilizáveis na propriedade de modo a dar sustentabilidade ao processo produtivo. Sentir-nos-emos recompensados se pudermos contribuir para uma produção agrícola, pecuária e florestal que satisfaça o produtor e a sociedade, em harmonia com o ambiente do Cerrado, de forma permanente.

Djalma Martinhão Gomes de Sousa
Edson Lobato
Editores Técnicos

Prefácio da segunda edição

Esta segunda edição foi feita, dada a boa aceitação por parte de técnicos, professores, produtores e estudantes que militam ou se interessam pelo Cerrado, esgotando a primeira em poucos meses.

Ao mesmo tempo que registramos nossos agradecimentos pelos cumprimentos e elogios recebidos de muitos leitores, lembramos que as críticas que porventura existam também são bem-vindas.

Houve pequena mudança nesta edição com inclusão dos títulos dos anexos no sumário, o que deverá facilitar ao leitor sua consulta.

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Editores Técnicos

Sumário

Capítulo 1

Solos e suas relações com o uso e o manejo 29

João Roberto Correia; Adriana Reatto; Silvio Tulio Spera

| | |
|--|----|
| Introdução | 29 |
| Origem | 29 |
| Horizontes superficiais | 32 |
| Horizontes subsuperficiais | 33 |
| Atributos para compreender o comportamento dos solos | 33 |
| Atributos morfológicos e físicos | 33 |
| Atributos químicos..... | 38 |
| Principais classes de solos..... | 39 |
| Latossolos (LR, LE, LV, LA e LU)..... | 41 |
| Latossolo (LV, LVA, LA) | 41 |
| Características gerais..... | 41 |
| Aptidão agrícola | 44 |
| Fatores limitantes ao uso agrícola | 44 |
| Ambiente de ocorrência | 46 |
| Manejo dos latossolos | 46 |
| Areia Quartzosa (AQ) | 47 |
| Neossolo Quartzarênico (NQ) | 47 |
| Características gerais..... | 47 |
| Aptidão agrícola | 48 |
| Fatores limitantes ao uso agrícola | 48 |
| Ambiente de ocorrência | 49 |
| Manejo das Areias Quartzosas | 49 |
| Terra Roxa Estruturada (TR) | 50 |
| Nitossolo Vermelho (NV) | 50 |
| Características gerais..... | 50 |
| Fatores limitantes | 50 |
| Aptidão agrícola | 51 |
| Ambiente de ocorrência..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Manejo das Terras Roxas Estruturadas | 52 |
| Podzólicos (PE e PV) | 52 |
| Argissolos (PV) e (PVA) | 52 |
| Características gerais | 52 |
| Fatores limitantes | 53 |
| Aptidão agrícola | 54 |
| Ambiente de ocorrência | 54 |
| Manejo dos Podzólicos | 55 |
| Glei Pouco Húmico (HGP) | 55 |
| Gleissolo Háptico (GX) | 55 |
| Características gerais | 55 |
| Fatores limitantes | 56 |
| Aptidão agrícola | 57 |
| Ambiente de ocorrência | 58 |
| Manejo dos Solos Glei | 58 |
| Referências | 58 |

Capítulo 2

Amostragem de solos, corretivos e fertilizantes..... 63

Claudio Sanzonowicz

| | |
|---|----|
| Amostragem de solo..... | 63 |
| Coleta das amostras de solo | 64 |
| Plano da amostragem | 64 |
| Frequência e época da amostragem..... | 65 |
| Local e profundidade da amostragem..... | 65 |
| Equipamentos para amostragem | 66 |
| Amostragem em áreas adubadas em linha | 68 |
| Amostragem no sistema de plantio direto | 69 |
| Amostragem de corretivos e de fertilizantes | 70 |
| Ensacados | 70 |
| A granel | 71 |
| Procedimentos para a obtenção da amostra | 74 |
| Manuseio e armazenamento das amostras | 75 |
| Envio da amostra de solo ao laboratório | 76 |
| Unidades usadas nos resultados das análises | 76 |
| Solos | 76 |
| Corretivos | 77 |
| Fertilizantes..... | 78 |
| Referências | 78 |

Capítulo 3

Correção da acidez do solo..... 81

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

| | |
|-----------------------------|----|
| Introdução | 81 |
| Acidez superficial | 82 |
| Acidez subsuperficial | 89 |
| Considerações finais | 95 |
| Referências | 96 |

Capítulo 4

Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes.. 97

Milton A.T. Vargas; Iêda de Carvalho Mendes; Arminda M. de Carvalho;

Marília Lobo-Burle; Mariangela Hungria

| | |
|---|-----|
| Introdução | 97 |
| Fixação biológica do nitrogênio (FBN)..... | 98 |
| Resposta das leguminosas à inoculação..... | 99 |
| Inoculação da soja | 100 |
| Inoculação do feijão, da ervilha e da lentilha | 106 |
| O inoculante..... | 108 |
| Cuidados na aquisição do inoculante..... | 110 |
| Inoculação das sementes..... | 111 |
| Inoculação sem o uso de defensivos | 111 |
| Inoculação com o tratamento das sementes | 112 |
| Inoculação com a máquina de tratamento das sementes | 113 |
| Compatibilidade entre o inoculante, defensivos agrícolas e micronutrientes | 114 |
| Inoculação em plantio direto | 116 |
| Como avaliar a nodulação..... | 116 |
| Adubos verdes como fonte de nitrogênio | 117 |
| Épocas de semeadura de adubos verdes | 118 |
| No período chuvoso..... | 118 |
| Em consórcio com a cultura | 119 |
| No início do período chuvoso e antes da cultura..... | 120 |
| Em pós-colheita..... | 120 |
| Cuidados no uso da adubação verde | 122 |
| Conclusões | 123 |
| Referências | 124 |

Capítulo 5

Adubação com nitrogênio 129

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

| | |
|---|-----|
| Introdução | 129 |
| Resposta das culturas à adubação | 129 |
| Transformações e perdas do nitrogênio no solo | 131 |
| Mineralização e imobilização | 131 |
| Nitrificação e desnitrificação | 132 |
| Lixiviação | 133 |
| Volatilização | 135 |
| Eficiência de recuperação | 135 |
| Estimativa do requerimento de nitrogênio | 137 |
| Fontes | 140 |
| Modo de aplicação | 141 |
| Recomendação de adubação | 142 |
| Referências | 144 |

Capítulo 6

Adubação com fósforo..... 147

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato; Thomaz A. Rein

| | |
|--|-----|
| Introdução | 147 |
| Disponibilidade de fósforo no solo..... | 147 |
| Resposta das culturas à adubação | 148 |
| Adubação fosfatada e calagem..... | 149 |
| Aplicação de fertilizantes fosfatados | 150 |
| Interpretação da análise do solo | 152 |
| Com base no teor de argila e P extraído pelo método Mehlich-1..... | 153 |
| Com base no P extraído por resina trocadora de íons..... | 154 |
| Com base no P remanescente e no P extraído pelo método Mehlich-1 | 155 |
| Recomendação de adubação | 157 |
| Adubação corretiva para culturas anuais | 157 |
| Adubação de manutenção..... | 160 |
| Fontes de fósforo | 161 |
| Produtos com alta solubilidade em água e em CNA | 161 |
| Produtos insolúveis em água e em AC..... | 162 |
| Produtos com média solubilidade em água e em CNA | 162 |

| | |
|--|-----|
| Produtos insolúveis em água e com alta solubilidade em CNA ou AC | 163 |
| Produtos insolúveis em água e com média solubilidade em AC..... | 163 |
| Efeito residual | 165 |
| Influência da matéria orgânica | 166 |
| Referências | 167 |

Capítulo 7

Adubação potássica 169

Lourival Vilela; Djalma M. Gomes de Sousa; José Eurípedes da Silva

| | |
|---|-----|
| Introdução | 169 |
| Potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas..... | 169 |
| Resposta à adubação e seu efeito residual | 172 |
| Lixiviação de potássio..... | 176 |
| Manejo da adubação | 178 |
| Recomendação de adubação | 180 |
| Referências | 182 |

Capítulo 8

Micronutrientes 185

Enéas Zaborowsky Galvão

| | |
|---------------------------------|-----|
| Introdução | 185 |
| Zinco | 185 |
| Cobre | 187 |
| Boro..... | 188 |
| Manganês | 189 |
| Ferro | 189 |
| Molibdênio | 190 |
| Análise de solo..... | 190 |
| Análise foliar | 192 |
| Sintomas de deficiências | 193 |
| Toxidez | 196 |
| Fontes de micronutrientes | 196 |
| Modos de aplicação | 200 |
| Recomendação de adubação | 201 |
| Abacate..... | 201 |
| Abacaxi | 202 |

| | |
|---|-----|
| Acerola..... | 202 |
| Algodão | 202 |
| Amendoim | 203 |
| Arroz | 204 |
| Aveia | 205 |
| Banana..... | 205 |
| Café | 206 |
| Cana-de-açúcar | 206 |
| Cevada..... | 207 |
| Citros | 207 |
| Ervilha | 208 |
| Eucalipto..... | 209 |
| Feijão | 209 |
| Gariroba..... | 211 |
| Girassol..... | 211 |
| Goiaba | 212 |
| Grão-de-bico | 212 |
| Graviola..... | 213 |
| Leguminosas adubos verdes: (crotalária, ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lab-lab, tremoço)..... | 213 |
| Mamão | 214 |
| Mamona..... | 214 |
| Mandioca | 215 |
| Manga | 216 |
| Maracujá | 216 |
| Milheto | 216 |
| Milho | 217 |
| Pastagem consorciada..... | 218 |
| Pastagem apenas de gramíneas | 218 |
| Pinus..... | 219 |
| Pupunha | 219 |
| Seringueira | 220 |
| Soja..... | 220 |
| Sorgo granífero..... | 221 |
| Trigo..... | 222 |
| Triticale..... | 223 |
| Referências | 223 |

Capítulo 9

Adubação com enxofre 227

Thomaz Adolpho Rein; Djalma M. Gomes de Sousa

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Introdução..... | 227 |
| Respostas à adubação com enxofre..... | 227 |

| | |
|--|-----|
| Efeito residual da adubação..... | 229 |
| Fontes de enxofre | 231 |
| Diagnose da necessidade de adubação..... | 232 |
| Análise do solo | 233 |
| Análise foliar | 235 |
| Observação de sintomas visuais de deficiência..... | 236 |
| Histórico das glebas..... | 236 |
| Testes na propriedade agrícola..... | 237 |
| Recomendações de adubação | 237 |
| Culturas anuais..... | 238 |
| Culturas perenes | 240 |
| Forrageiras | 241 |
| Referências | 242 |

Capítulo 10

Análise foliar..... 245

Sebastião A. de Oliveira

| | |
|---------------------|-----|
| Introdução | 245 |
| Amostragem..... | 246 |
| Interpretação | 252 |
| Referências | 255 |

Capítulo 11

Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva..... 257

Edson Lobato; Djalma M. Gomes de Sousa

| | |
|--|-----|
| Introdução | 257 |
| Fatores de produção agrícola | 258 |
| A eficiência no processo produtivo | 261 |
| Fertilidade do solo e economia da produção | 262 |
| Agricultura de sequeiro | 263 |
| Agricultura irrigada | 274 |
| Otimização do uso do capital | 278 |
| Consideração final | 281 |
| Referências | 281 |

Capítulo 12

Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes... 283

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

| | |
|---------------------------------|-----|
| Introdução | 283 |
| Algodão | 284 |
| Amendoim | 286 |
| Arroz | 287 |
| Aveia | 289 |
| Cana-de-açúcar | 290 |
| Cevada | 292 |
| Ervilha | 294 |
| Feijão | 295 |
| Girassol | 297 |
| Grão-de-bico | 299 |
| Leguminosas adubos verdes | 300 |
| Mamona | 302 |
| Mandioca | 303 |
| Milheto | 305 |
| Milho | 306 |
| Soja | 308 |
| Sorgo | 310 |
| Trigo | 312 |
| Triticale | 313 |

Capítulo 13

Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes 317

Leide Rovênia Miranda de Andrade

| | |
|--|-----|
| Introdução | 317 |
| Adubação de substrato | 318 |
| Preparo da área e manejo da adubação | 319 |
| Correção da fertilidade do solo | 322 |
| Calagem | 322 |
| Gessagem | 323 |
| Adubação fosfatada | 324 |

| | |
|---|-----|
| Adubação potássica..... | 325 |
| Enxofre..... | 326 |
| Micronutrientes..... | 327 |
| Adubação de plantio..... | 328 |
| Abertura e adubação das covas..... | 328 |
| Adubação química..... | 328 |
| Adubação orgânica..... | 330 |
| Adubação nitrogenada..... | 330 |
| Amostragem do solo em áreas com culturas perenes..... | 331 |
| Abacate..... | 332 |
| Abacaxi..... | 333 |
| Acerola..... | 335 |
| Banana..... | 337 |
| Café..... | 339 |
| Citros (laranja, limão-tahiti, limão-verdadeiro)..... | 342 |
| Espécies nativas do Cerrado..... | 344 |
| Eucalipto..... | 346 |
| Goiaba..... | 348 |
| Graviola..... | 350 |
| Guariroba..... | 352 |
| Mamão..... | 353 |
| Manga..... | 355 |
| Maracujá..... | 357 |
| Pupunha..... | 358 |
| Seringueira..... | 360 |
| Referências..... | 362 |

Capítulo 14

Calagem e adubação para pastagens 367

Lourival Vilela; Wilson Vieira Soares;

Djalma M. Gomes de Sousa; Manuel Cláudio M. Macedo

| | |
|--|-----|
| Introdução..... | 367 |
| Calagem e adubação para o estabelecimento..... | 368 |
| Exigência de fertilidade do solo das principais gramíneas e leguminosas forrageiras..... | 369 |
| Calagem..... | 370 |
| Gessagem..... | 371 |
| Adubação..... | 371 |

| | |
|---|-----|
| <i>Fósforo</i> | 374 |
| <i>Potássio</i> | 375 |
| <i>Nitrogênio</i> | 375 |
| <i>Enxofre</i> | 375 |
| <i>Micronutrientes</i> | 377 |
| Calagem e adubação para manutenção..... | 377 |
| Considerações finais..... | 381 |
| Referências..... | 382 |

Anexos

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Classes de solos..... | 385 |
| Anexo 2. Classes de textura..... | 386 |
| Anexo 3. Unidades de medidas..... | 387 |
| Anexo 4. Conversão de unidades..... | 389 |
| Anexo 5. Cálculos com os resultados das análises químicas de solo..... | 391 |
| Anexo 6. Interpretação dos resultados da análise química do solo para culturas anuais..... | 392 |
| Anexo 7. Elementos químicos de interesse para a agricultura..... | 398 |
| Anexo 8. Quantidade de nutrientes imobilizada na planta inteira e contida em grãos ou frutos por tonelada de produto colhido, para algumas culturas..... | 399 |
| Anexo 9. Consumo de micronutrientes para a colheita de uma tonelada de algumas culturas..... | 400 |
| Anexo 10. Sintomas comuns de toxidez de alguns elementos nutritivos nas plantas..... | 401 |
| Anexo 11. Sintomas comuns de deficiência de nutrientes nas plantas..... | 402 |
| Anexo 12. Corretivos de acidez do solo e as novas unidades..... | 404 |
| Anexo 13. Principais fertilizantes nitrogenados..... | 406 |
| Anexo 14. Principais fertilizantes fosfatados..... | 407 |
| Anexo 15. Principais fertilizantes potássicos..... | 409 |
| Anexo 16. Principais fertilizantes contendo macronutrientes secundários (enxofre, magnésio e cálcio)..... | 410 |
| Anexo 17. Principais fertilizantes contendo micronutrientes..... | 411 |
| Anexo 18. Especificações dos fertilizantes orgânicos simples..... | 413 |
| Anexo 19. Especificações dos fertilizantes organomineral e composto..... | 414 |
| Anexo 20. Quantidade do adubo a aplicar no sulco de plantio, expressa em gramas por 10 metros lineares, em função do espaçamento..... | 415 |
| Anexo 21. Compatibilidade entre fertilizantes minerais simples, adubos orgânicos e corretivos..... | 416 |

Solos e suas relações com o uso e o manejo

João Roberto Correia

Adriana Reatto

Silvio Tulio Spera

Introdução

O solo é muito mais do que aquela camada de 0 a 20 cm, frequentemente utilizada para análise de fertilidade. No manejo correto da sua fertilidade, é fundamental considerá-lo como um corpo tridimensional e que suas características variam nessas três dimensões. Este capítulo enfoca as principais classes de solo¹ da região do Cerrado, considerando sua tridimensionalidade e os fatores que afetam sua fertilidade.

Origem

O clima (chuva, temperatura, vento e luz) e os organismos vivos, atuando ao longo do tempo sobre materiais minerais (rochas, sedimentos) e orgânicos (restos vegetais e animais), promovem sua transformação, originando diferentes solos sob variadas condições de relevo. Esse conjunto, chamado de fatores de formação do solo, indica que para o conhecimento adequado desse recurso natural não basta apenas observar sua superfície. É necessário conhecer o ambiente que o cerca.

¹ As classes de solos foram descritas na antiga classificação segundo Camargo et al. (1987) para melhor compreensão do leitor. No Anexo 1, encontra-se a classificação antiga e sua correspondência com a atual, segundo Embrapa (1999).

As rochas podem ser consideradas como o material de origem mais importante dos solos. É a partir da ação de agentes do intemperismo, tais como clima e organismos que a rocha se decompõe. Normalmente, solos desenvolvidos de rochas ricas em minerais ferromagnesianos como basalto e diabásio são férteis. Quando a rocha é um arenito ou um quartzito, os solos, de maneira geral, são de baixa fertilidade, consequência da pobreza do material de origem em elementos químicos essenciais para as plantas.

A fertilidade do solo, entretanto, não depende apenas da natureza da rocha que lhe deu origem. Em condições de intemperismo intenso, os minerais que contribuem para o enriquecimento da fertilidade do solo são eliminados do sistema. Por essa razão, quanto ao seu grau de intemperismo, os solos podem ser divididos em “jovens” (menos intemperizados) e “velhos” (mais intemperizados). As diferenças marcantes entre eles são a profundidade e a fertilidade. Solos jovens como Litólicos, Cambissolos e Terras Roxas, normalmente, são menos profundos, pois ainda não houve tempo para que os agentes do intemperismo atuassem na decomposição dos minerais primários; quando originados de rochas ricas em minerais ferromagnesianos (basalto, diabásio), tendem a ser mais ricos em nutrientes. Já nos mais velhos, como os latossolos, a intensa atividade bioclimática durante longo período de tempo permitiu que se desenvolvesse um manto de intemperismo profundo; assim, os elementos facilmente removidos como cálcio e magnésio, responsáveis pela maior fertilidade, são lixiviados do sistema, resultando em solos de baixa fertilidade. No caso de solos arenosos (Areia Quartzosa, por exemplo), apesar de serem jovens, são profundos e muito pobres em elementos, em consequência da composição do material de origem, fundamentalmente formado por quartzo.

Assim, na ausência de insumos (corretivos, fertilizantes), o solo jovem é mais adequado para culturas anuais. Se houver aplicação suficiente de insumos, o solo velho passa a ser, também, apropriado para essas culturas.

Dependendo do insumo que se aplica, ele pode permanecer na posição em que foi colocado, ou penetrar no solo em profundidade, ou ainda movimentar-se lateralmente.

A Tabela 1 apresenta algumas observações práticas quando se comparam solos velhos e novos, desenvolvidos da mesma rocha de origem.

Tabela 1. Comparação entre solos novos e solos velhos em relação às culturas anuais e perenes.

| Culturas | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------|--|--|
| Solo novo | | |
| Anuais | - menor deficiência de nutrientes | - maior infestação por ervas-daninhas - impedimento à mecanização - suscetibilidade à erosão |
| Perenes | - menor deficiência de nutrientes (menor necessidade de mecanização) | - alguma restrição ao desenvolvimento do sistema radicular |
| Solo velho | | |
| Anuais | - menor incidência de ervas-daninhas - facilidade de mecanização - menor erosão | - pobreza em nutrientes |
| Perenes | - sistema radicular mais bem desenvolvido (melhor aproveitamento de água e nutrientes) | - pobreza em nutrientes e maior custo de produção |

Fonte: Resende et al. (1995).

O solo apresenta uma sequência vertical de camadas diferenciáveis entre si as quais foram desenvolvidas durante os processos de formação do solo ao longo do tempo. Esse conjunto é denominado perfil do solo (Figura 1). Utiliza-se o termo horizonte para definir as diversas seções verticais do solo, de constituição mineral ou orgânica, localizadas a partir da superfície do terreno, aproximadamente paralelas a esta e dotadas de propriedades, geradas pelos processos formadores do solo. O termo camada do solo tem significado semelhante, com a diferença de que essa é formada por processos não pedogenéticos (Embrapa, 1988).

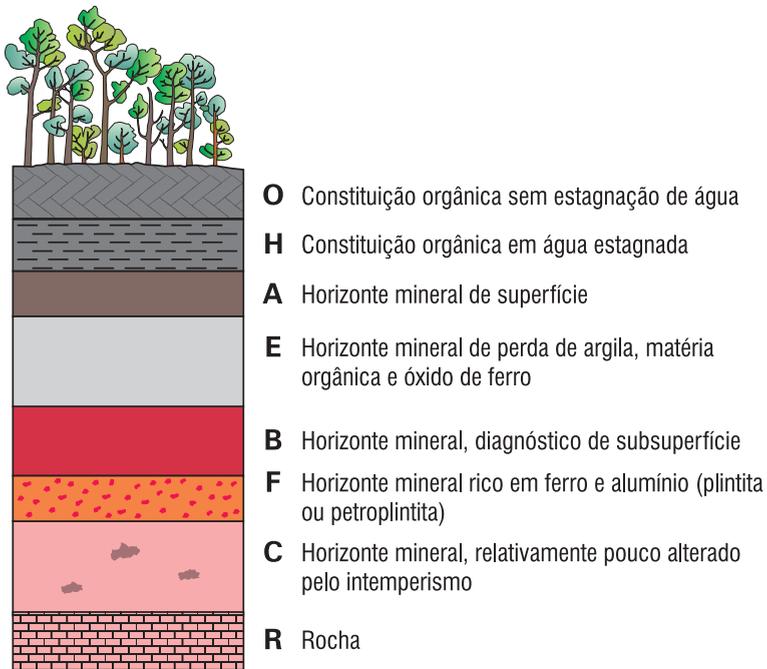


Figura 1. Perfil do solo com os possíveis horizontes e camadas. Alguns desses horizontes e camadas podem estar ausentes em determinados tipos de solos.

Os principais horizontes normalmente encontrados nos solos da região do Cerrado segundo (Embrapa, 1988) são:

Horizontes superficiais

Em geral, contêm maiores teores de matéria orgânica que os horizontes situados mais abaixo no perfil e por isso exibindo cores normalmente mais escuras. Apresentam maior atividade biológica do que os demais horizontes. O tipo de horizonte superficial de ocorrência mais frequente na região do Cerrado é o horizonte A, de maior interesse para as práticas de cultivo e que apresenta a matéria orgânica mineralizada, intimamente associada à matéria mineral. Com base em uma escala decrescente de teores de matéria orgânica, o horizonte A é denominado de turfoso, húmico, chernozêmico, proeminente, moderado e fraco. O mais frequente é o horizonte A moderado.

Horizontes subsuperficiais

São aqueles que estão sob o horizonte superficial. Sofrem menor influência de práticas de manejo do solo. Os tipos mais comuns são:

- a) Horizonte B: horizonte mineral, resultante de transformações do material de origem e/ou do ganho de constituintes minerais ou orgânicos, herdados de horizontes situados acima dele. Os tipos mais comuns são:
 - B latossólico: horizonte bastante homogêneo, profundo, poroso, semelhante ao pó de café.
 - B textural: quando apresenta teores de argila mais elevados que no horizonte A, sua estrutura é bem desenvolvida e com cerosidade.
 - B incipiente: menos desenvolvido, pouco espesso se comparado aos B latossólicos e texturais, com elevados teores de silte e cascalho.
- b) Horizonte C: horizonte mineral, pouco afetado pelos processos pedogenéticos, apresentando ainda características do material de origem. Sua visualização é comum em solos rasos.
- c) Horizonte R: horizonte normalmente mais profundo do solo, constituído pela própria rocha-mãe. No caso de latossolos, é difícil visualizá-lo uma vez que pode estar a mais de uma dezena de metros de profundidade. Nos Solos Litólicos, pode ser encontrado a poucos centímetros de profundidade.

Atributos para compreender o comportamento dos solos

Atributos morfológicos e físicos

Cor do solo

A cor é a característica que sobressai no perfil, sendo importante na identificação e na delimitação de horizontes e de camadas. Sua determinação

é feita comparando-se a cor da amostra em estudo com os padrões de cores existentes na escala de Munsell (1975) para solos.

De certo modo, a cor do solo reflete a quantidade de óxidos de ferro, matéria orgânica e a classe de drenagem (Tabela 2).

Tabela 2. Relação dos atributos de cor com a interpretação pedológica, características do solo e implicações de manejo.

| Coloração | Interpretação pedológica | Características do solo | Implicações para o manejo |
|-----------------------|---|---|---|
| Avermelhada | Presença de hematita (óxido de ferro) | Horizonte sem impedimento de drenagem | Cores vermelhas nem sempre indicam solos férteis |
| Preta ou escura | Acúmulo de matéria orgânica, independente da drenagem do solo | Teores de matéria orgânica relativamente altos, associados ou não a elevados teores de bases trocáveis, CTC a pH 7,0 alta | À coloração preta ou escura podem estar associados solos eutróficos, distróficos ou álicos |
| Vermelho-amarelada | Goethita é o óxido de ferro predominante | Horizonte sem impedimentos de drenagem | Drenagem geralmente mais lenta que a dos solos avermelhados da mesma textura |
| Clara ou descolorida | Característica do horizonte E relacionada à remoção máxima de argila, matéria orgânica e óxido de ferro, ficando como resíduo o quartzo | Baixo teor de matéria orgânica, CTC baixa. Horizonte sem impedimento de drenagem | Horizonte muito suscetível à erosão e pobre em nutrientes |
| Mosqueado (variegado) | Mosqueado é uma feição que significa: marcado com manchas de cores contrastantes com a cor de fundo do solo. Geralmente evidencia condições temporárias de excesso de água pela oscilação do nível do lençol freático | Aeração deficiente devido à elevação do lençol freático. Presença de água livre durante parte do ano | Necessidade de drenagem. Em condições anaeróbicas (má drenagem), há a possibilidade de ocorrer toxidez de Fe e/ou Mn nos solos ricos nesses elementos |
| Cinza | Horizonte glei, caracterizado pela intensa redução do ferro, causada pela água estagnada | Aeração deficiente por causa da elevação do lençol freático. Presença de água livre durante a maior parte do ano | Necessidade de drenagem. Em condições anaeróbicas (má drenagem), há possibilidade de ocorrer toxidez de Fe e/ou Mn nos solos ricos nesses elementos |

Fonte: Adaptado de Prado (1991).

Textura

A textura refere-se à proporção das frações granulométricas de areia (2,0 mm a 0,05 mm), silte (0,05 mm a 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm), na massa do solo, determinadas em laboratório. No campo, é avaliada pelo tato, pela sensação obtida ao esfregar um pouco de terra úmida entre os dedos. Na Tabela 3, observam-se as variações nas características dos solos e as consequências para o manejo em decorrência das variações na textura. A título de exemplo, são apresentadas quatro classes texturais: arenosa, média, argilosa e muito argilosa. Para fins de fertilidade, os limites de cada classe de textura têm como base o teor de argila (Tabela 3).

Alguns solos podem apresentar significativo aumento nos teores de argila no horizonte B quando comparados ao horizonte A. Esses solos apresentam grande suscetibilidade à erosão, favorecendo a formação de voçorocas, uma vez que ocorre infiltração rápida da água no horizonte A e lenta no horizonte B.

Porosidade e capacidade de água disponível

Porosidade é o volume do solo ocupado pela água e pelo ar; varia com o tamanho das partículas do solo e com seu estado de agregação. A penetração das raízes depende da porosidade do solo. De maneira geral, os poros maiores, chamados de macroporos (>0,05 mm de diâmetro), são responsáveis pela aeração do solo, podendo estar ocupados, ainda, por água, matéria orgânica e raízes de plantas; os menores, chamados microporos (< 0,05 mm de diâmetro), são responsáveis pela retenção de água no solo. Um solo ideal é aquele que apresenta o espaço poroso dividido igualmente em poros pequenos e grandes, o que lhe permite boas propriedades de aeração, permeabilidade e retenção de água. Solos argilosos apresentam grande microporosidade em comparação com os de textura média. As raízes crescem melhor através dos macroporos. A intensa mecanização pode afetar a porosidade do solo, reduzindo sua macroporosidade, alterando a permeabilidade e o desenvolvimento radicular.

Tabela 3. Relações dos atributos de textura com a interpretação pedológica, características do solo e implicações de manejo.

| Classe textural | Interpretação pedológica | Características do solo | Implicações para o manejo |
|--|---|---|---|
| Textura arenosa (areia e areia franca) | Fração sólida mineral constituída quase que exclusivamente de quartzo. Teor de argila menor ou igual a 15%. Exclusiva dos solos Arenas Quartzosas | Elevada suscetibilidade à erosão. CTC baixa, quase que exclusivamente devida à matéria orgânica. Baixa adsorção de P. Drenagem excessiva, favorecendo a lixiviação de nutrientes, especialmente nitratos. O tamanho dos poros é grande. Pequena retenção de água em altas e baixas tensões. Densidade de solo com valores $\cong 1,40 \text{ g/cm}^3$ | Necessidade de parcelamento dos adubos potássicos e nitrogenados. Empregar dose menor de herbicida devido à menor adsorção desse produto pelos colóides do solo. Sob o mesmo nível de manejo do que um solo mais argiloso, utilizar menor número de cabeças de gado por hectare. Menor requerimento de adubação fosfatada. Maior risco para agricultura de sequeiro |
| Textura média (franco-arenosa e franco-argilo-arenosa) | Teor de argila entre 16% e 35% | Baixa a moderada suscetibilidade à erosão. Densidade do solo $\cong 1,30 \text{ g/cm}^3$ | Solos mais fáceis de serem trabalhados. Comportamento intermediário entre solos arenosos e argilosos |
| Textura argilosa | Teor de argila varia de 36% a 60%. No caso de latossolos, são elevados os valores de porosidade total e microporosidade. Flóculos de argila são destruídos pela pressão dos dedos. A argila forma microagregados que dão a impressão de se tratar de grãos de areia | Solos menos suscetíveis à erosão em área não muito declivosa. Drenagem boa ou acentuada. Densidade do solo $\cong 1,0 \text{ g/cm}^3$. Elevada adsorção de P | Maior cuidado nas condições de umidade para o preparo do solo quando comparado aos anteriores. Em condições de excesso de umidade, há grande aderência da massa do solo nos implementos agrícolas. Quando o preparo é feito com o solo seco, é comum a formação de grandes torrões, necessitando-se de mais gradagens para desfazê-los. Reduzir o número de passagens de máquinas para atenuar o efeito da compactação. Requerem maiores doses de adubos fosfatados que os anteriores |
| Textura muito argilosa | Teor de argila maior que 60% | Idem textura argilosa. Porém com pegajosidade mais elevada | Idem aos de textura argilosa. Porém mais difíceis de serem trabalhados |

Fonte: Adaptado de Prado (1991).

Cada tipo ou classe de solo apresenta uma capacidade de armazenamento de água, proporcional ao teor de argila e à estrutura.

Entende-se por capacidade de água disponível (CAD) a que está contida no solo e utilizada para atender às necessidades metabólicas das plantas, representada pela diferença entre a água mantida na capacidade de campo (10 kPa) e a remanescente, por ocasião do ponto de murchamento permanente (1.500 kPa) (Büchele & Silva, 1992).

Na Figura 2, faz-se a comparação entre a capacidade de água disponível de três solos: Areia Quartzosa, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Latossolo Roxo textura muito argilosa. Observa-se que o solo arenoso apresenta cerca de 100 mm de CAD; o de textura média, 200 mm; e o muito argiloso, cerca de 400 mm de água disponível às plantas em 1,20 m de solo, o que pode ser explicado pela distribuição dos poros pelo tamanho. Solos arenosos apresentam mais macroporos que os de textura mais fina. Assim, os primeiros têm menor capacidade de retenção de água que os argilosos. Além disso, a matéria orgânica, grande responsável pela retenção de água no solo, apresenta, normalmente, teores mais elevados nos solos argilosos em comparação com os solos arenosos.

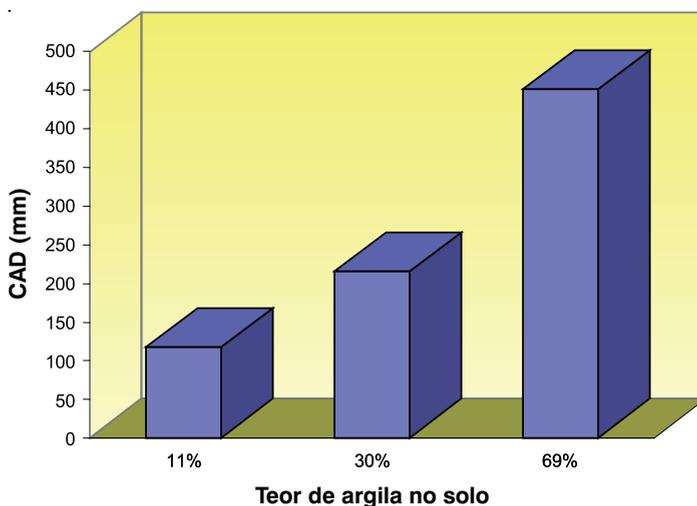


Figura 2. Capacidade de Água Disponível (CAD), em mm, até 1,20 m de profundidade para um solo com 11% de argila (Areia Quartzosa), 30% de argila (Latossolo Vermelho-Amarelo) e 69% de argila (Latossolo Roxo).

As práticas de manejo devem levar em consideração a porosidade, uma vez que está intimamente relacionada com a disponibilidade de água no solo. Esse fato torna-se ainda mais importante quando se observa a distribuição de chuvas no Cerrado que apresenta uma estação seca definida, além de ser frequente a ocorrência de veranicos, ou seja, períodos de estiagem dentro da estação chuvosa, normalmente nos meses de janeiro ou fevereiro (Rodrigues de Castro et al., 1994).

A maior capacidade de água disponível dos solos argilosos, comparado aos arenosos, nem sempre é suficiente para que a planta suporte períodos prolongados de estiagem. A presença de óxidos de ferro, em particular nos latossolos, impõe uma forte microestrutura que, nesses períodos, permite o armazenamento de água apenas nos microporos não estando disponível às plantas.

Atributos químicos

Fertilidade

A fertilidade é inferida, principalmente, da soma de bases (S)², da saturação por bases (V%)³, da capacidade total de troca de cátions (T ou CTC)⁴, saturação por alumínio (m%)⁵ e do grau de acidez (pH). Em virtude desses valores têm-se:

Solos eutróficos: apresentam saturação por bases (V%) igual ou maior que 50% no horizonte B. São solos normalmente de alta fertilidade e alumínio nulo ou reduzido.

Solos distróficos: apresentam saturação por bases (V%) menor que 50% no horizonte B. São solos normalmente de baixa fertilidade e alumínio nulo ou baixo.

² Soma de bases: $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$.

³ Saturação por bases: $V\% = 100.S/T$.

⁴ Capacidade de troca catiônica: $T = S + H^{+} + Al^{3+}$.

⁵ Saturação por alumínio: $m\% = 100 Al^{3+} / Al^{3+} + S$.

Solos álicos: apresentam saturação por alumínio (m%) maior ou igual a 50%. São solos normalmente de baixa fertilidade e alumínio alto.

Solos ácidos: predominam cargas elétricas positivas (ΔpH° nulo ou positivo). De acordo com Embrapa (1999), esse termo refere-se a solos que contêm quantidades iguais ou menores que 1,5 cmol_c/kg de soma de bases e que preenchem pelo menos as seguintes condições: pH KCl 1N igual ou superior a 5,0; ou ΔpH positivo ou nulo. São solos que apresentam adsorção de ânions (fosfatos, nitratos, sulfatos e cloretos).

Principais classes de solos

Na Tabela 4, apresentam-se as classes de solos de ocorrência mais comum no Cerrado, definidas com base na Classificação Brasileira de Solos, segundo Camargo et al. (1987). No Anexo 1, encontra-se a tabela de correspondência entre a referida classificação e o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

Observa-se que 45,7% dos solos são representados por latossolos; 15,2% por areia quartzosa; 15,1% por podzólicos; 9,0% por plintossolos; 2,5% por hidromórficos (Hidromórfico Cinzento, Gleis, Aluviais e Orgânicos); 7,3% por Litólico; 3,1% por Cambissolo; 1,7% por Terra Roxa Estruturada; e 0,4% por outras classes.

Considerando as classes mais agricultáveis no Cerrado, aliadas a sua porcentagem de ocorrência, foram selecionadas, para um breve relato, as seguintes: latossolos, Areia Quartzosa, podzólicos, Terra Roxa Estruturada e Glei Pouco Húmico. Serão enfocadas suas características em relação ao uso e ao manejo. No início da descrição, abaixo do nome de cada classe, apresenta-se a nova denominação com base em Embrapa (1999).

^o Delta pH: $\Delta\text{pH} = \text{pH em KCl} - \text{pH em H}_2\text{O}$.

Tabela 4. Principais classes de solos da região do Cerrado.

| Classes de solo | Ocorrência estimada |
|------------------------------------|---------------------|
| | % |
| Latossolos | 45,7 |
| Latossolo Roxo (LR) | 3,5 |
| Latossolo Vermelho-Escuro (LE) | 18,6 |
| Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) | 21,6 |
| Latossolo Variação-Una (LU) | 0,5 |
| Latossolo Amarelo (LA) | 1,5 |
| Areia Quartzosa (AQ) | 15,2 |
| Podzólicos | 15,1 |
| Podzólico Vermelho-Escuro (PE) | 6,9 |
| Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) | 8,2 |
| Solos Plínticos | 9,0 |
| Plintossolo (PT) | 6,0 |
| Plintossolo Pétrico (PP) | 3,0 |
| Solos Hidromórficos | 2,5 |
| Hidromórfico Cinzento (HC) | 0,3 |
| Glei Húmico (HG) | 0,2 |
| Glei Pouco Húmico (HGP) | 1,8 |
| Solos Aluviais (A) | Menos de 0,1 |
| Solos Orgânicos (O) | Menos de 0,1 |
| Solos Litólicos (R) | 7,3 |
| Cambissolo (C) | 3,1 |
| Terra Roxa Estruturada (TR) | 1,7 |
| Outros | 0,4 |
| Total | ≈ 100,0 |

O nome das classes está de acordo com Camargo et al. (1987).

Fonte: Lopes (1983); Adámoli et al. (1985); Camargo et al. (1987); Macêdo (1996), Reatto et al. (1998).

Latossolos (LR, LE, LV, LA e LU)

LATOSSOLO (LV, LVA, LA)

Características gerais

São formados pelo processo denominado latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , etc.), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes (Buol, et al., 1981; Resende et al., 1995).

São definidas sete diferentes classes de latossolo, diferenciadas com base na combinação de características como teor de Fe_2O_3 , cor do solo e relação K_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$): Latossolo Ferrífero, Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Latossolo Variação Una e Latossolo Bruno (Camargo et al., 1987). Na Tabela 4, são apresentadas as porcentagens de ocorrência dos principais latossolos do Cerrado. Na Tabela 5, encontram-se informações sobre a distribuição geográfica desses latossolos.

São solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizonte B muito espesso (> 50 cm) com sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; as cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas, geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C. A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos (Resende et al., 1995; Ker, 1995) (Tabela 6 e Figura 3).

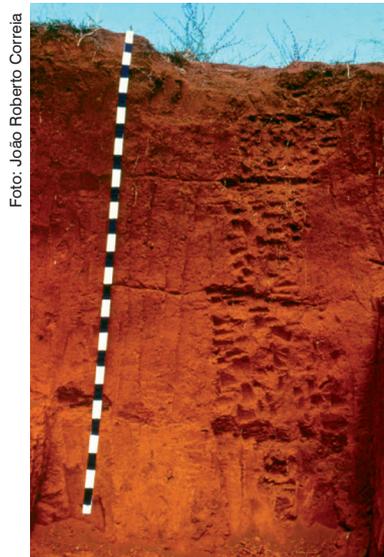


Foto: João Roberto Correia

Figura 3. Perfil representativo de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE).**Tabela 5.** Distribuição geográfica dos principais latossolos da região do Cerrado.

| Solo | Distribuição geográfica |
|------|--|
| LR | Predomina nas porções originadas de material basáltico da Bacia do Rio Paranaíba, ao sul e sudoeste do Estado de Goiás e Triângulo Mineiro, bem como ao sul do Mato Grosso do Sul e, em menor percentual no extremo norte do Tocantins |
| LE | Predomina nas porções do centro-sul da Região do Cerrado, situados ao sul do paralelo 13°S, abrangendo as áreas centro-sul e oeste do Estado de Goiás, centro-sul e sudoeste de Minas Gerais, oeste de Mato Grosso, centro e sul do Mato Grosso do Sul e Distrito Federal |
| LV | Predomina nas porções centro-norte da região, ao norte do paralelo 20°S, abrange as áreas oeste e o interflúvio dos Rios Araguaia e Tocantins em Goiás, sul do Maranhão, centro e sul do Piauí, oeste da Bahia, noroeste e sul de Minas Gerais e centro-sul do Mato Grosso |
| LA | Ocorre predominantemente na área de influência amazônica, ao norte do Estado do Mato Grosso e sul do Maranhão |
| LU | As mais significativas, pela extensão, em Minas Gerais, são freqüentes na região do alto Paranaíba no polígono Coromandel - Presidente Olegário - São Gotardo - Araxá |

LR: Latossolo Roxo; LE: Latossolo Vermelho-Escuro; LV: Latossolo Vermelho-Amarelo; LA: Latossolo Amarelo; LU: Latossolo Variação-Una.

Fonte: Adámoli et al. (1985); Resende et al. (1988); Oliveira et al. (1992); Macedo (1996).

Tabela 6. Características morfológicas e físicas diferenciais dos principais latossolos do Cerrado: latossolo roxo (LR), latossolo vermelho-escuro (LE), latossolo vermelho-amarelo (LV), latossolo amarelo (LA) e latossolo variação-Una (LU).

| Características | LR | LE | LV | LA | LU |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| Cor (úmida) | vermelha escura a arroxeada | vermelha escura | vermelha amarelada | amarelada | amarelada escura |
| Textura | argilosa e muito argilosa | média, argilosa e muito argilosa | média, argilosa e muito argilosa | média, argilosa e muito argilosa | argilosa e muito argilosa |
| Drenagem | Acentuadamente drenado | Bem acentuadamente drenado | Bem a acentuadamente drenado, podendo ocorrer drenagem moderada e até imperfeita | bem drenado | bem drenado |

Fonte: Oliveira et al. (1992); Prado (1995a); Prado (1995b).

Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80% (Macêdo, 1996). São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade (Resende et al., 1995), (Tabela 6).

Os latossolos apresentam tendência a formar crostas superficiais, possivelmente, devido à floculação das argilas que passam a comportar-se funcionalmente como silte e areia fina. De acordo com Resende et al. (1995), a fração silte desempenha papel importante no encrostamento, o que pode ser evitado, mantendo-se o terreno com cobertura vegetal a maior parte do tempo, em especial, em áreas com pastagens. Essas pastagens, quando manejadas de maneira inadequada, como: uso de fogo, pisoteio excessivo de animais, deixam o solo exposto e sujeito ao ressecamento.

Os latossolos são solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg/dm³. Em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade (Resende et al., 1995).

A fração argila dos latossolos é composta principalmente por caulinita, óxidos de ferro (goethita e hematita) e óxidos de alumínio (gibbsita). Alguns latossolos, formados de rochas ricas em ferro, apresentam, na fração argila, a maghemita e, na fração areia, a magnetita e a ilmenita. A esses últimos, estão associados os elementos-traço (micronutrientes) como o cobre e o zinco, importantes para o desenvolvimento das plantas.

Aptidão agrícola

Os latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento (Ramalho et al., 1994). Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo (Oliveira et al., 1992). Apesar do alto potencial para agropecuária, parte de sua área deve ser mantida como reserva para proteção da biodiversidade desses ambientes.

Fatores limitantes ao uso agrícola

Um fator limitante é a baixa fertilidade desses solos. Contudo, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícia de plantio de cultivares adaptadas, obtêm-se boas produções.

Os latossolos de textura média, com teores elevados de areia, assemelham-se às areias quartzosas, sendo muito suscetíveis à erosão (Figura 4), requerendo tratos conservacionistas e manejo cuidadoso. A grande percolação de água no perfil desses solos, associada à baixa CTC, pode provocar lixiviação de nutrientes. Essa é uma das razões por que os sistemas irrigados devem ser dimensionados, levando-se em conta a textura do solo. Dessa forma, evitam-se problemas de perdas de solo e, conseqüentemente, de nutrientes. No caso de plantios de sequeiro, a baixa capacidade de armazenamento de água dos latossolos de textura média pode provocar grandes prejuízos no rendimento das culturas, haja vista, a ocorrência de veranicos e o período seco pronunciado, característicos do Cerrado. Sistemas

que preconizam a cobertura do solo e que melhorem os teores de matéria orgânica e o consequente aumento da retenção de umidade do solo devem ser adotados.



Foto: João Roberto Correia

Figura 4. Processo erosivo em Latossolo Vermelho-Escuro textura média.

Nos latossolos argilosos, o cuidado com a erosão não é menos importante. Mesmo em latossolos roxos, depois do preparo para o plantio, o risco de erosão é muito grande, pois a chuva encontra o solo totalmente desprotegido. A estrutura forte, muito pequena e granular leva os latossolos argilosos a apresentar comportamento semelhante aos solos arenosos. Além disso, nos latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, a estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e consequente formação de uma camada compactada (20 cm a 30 cm), dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva ou da irrigação (Oliveira et al., 1992). Esse fato é agravado quando o solo recebe doses excessivas de calcário, o que pode provocar dispersão da argila que por sua vez vai obstruir os poros do solo (Costa & Abrahão, 1996).

A baixa CTC desses solos pode ser melhorada, adotando-se práticas de manejo que promovam a elevação dos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que a CTC depende essencialmente dela. Plantio direto, associado à rotação de culturas, pode permitir a elevação desses teores.

Os Latossolos Amarelos, além da baixa fertilidade e da alta saturação por alumínio, apresentam problemas físicos com limitações quanto à permeabilidade restrita (elevada coesão dos agregados, pois o solo é extremamente duro quando seco) e lenta a infiltração de água. Os de textura mais argilosa têm certa tendência ao “selamento” superficial, condicionado pela ação das chuvas torrenciais próprias dos climas equatoriais e tropicais. Os solos, utilizados para lavouras ou pastagens, apresentam alta erodibilidade à proporção que permanecem desnudos.

Ambiente de ocorrência

No Cerrado, os latossolos ocupam praticamente todas as áreas planas a suave-onduladas, sejam chapadas ou vales. Ocupam ainda as posições de topo até o terço médio das encostas suave-onduladas, típicas das áreas de derrames basálticos e de influência dos arenitos.

Manejo dos latossolos

- Usar o solo de acordo com sua aptidão agrícola.
- Fazer as correções do solo no que diz respeito à acidez, à saturação por alumínio e à baixa fertilidade.
- Observar o teor de argila do latossolo; se estiver próximo do limite de 15%, cuidados especiais devem ser tomados com manejos muito intensivos, principalmente, em sistemas irrigados.
- Manter o solo coberto a maior parte do tempo possível, especialmente, no início das chuvas.

- Adotar, sempre que possível, manejos conservacionistas como cultivo mínimo e plantio direto.

Areia Quartzosa (AQ) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ)

Características gerais

Em geral, são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo, sendo, por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo (Figura 5).

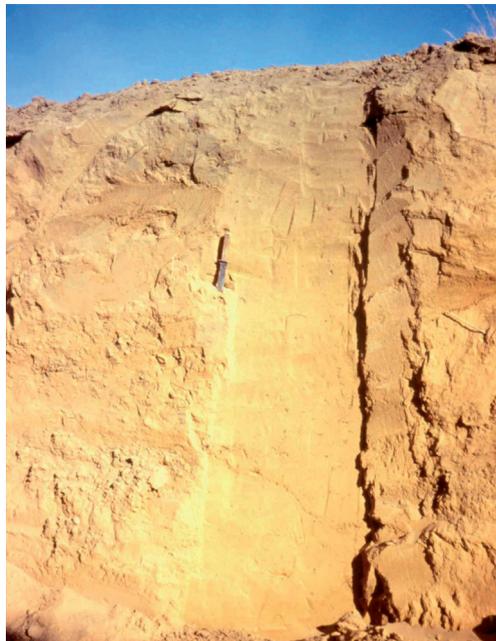


Foto: João Roberto Correia

Figura 5. Perfil representativo de Areia Quartzosa (AQ) ou Neossolo Quartzarênico (NQ).

Essa classe de solos abrange as areias quartzosas não hidromórficas descoloridas, apresentando também coloração amarela ou vermelha. A granulometria da fração areia é variável e, em algumas situações, predominam diâmetros maiores e, em outras, menores. O teor máximo de argila chega a 15%, quando o silte está ausente (Oliveira et al., 1992).

Aptidão agrícola

As Areias Quartzosas são consideradas solos de baixa aptidão agrícola (Vieira, 1987). O uso contínuo de culturas anuais pode levá-las rapidamente à degradação (Silva et al., 1994). Práticas de manejo que mantenham ou aumentem os teores de matéria orgânica podem reduzir esse problema.

Culturas perenes, plantadas em áreas de Areias Quartzosas, requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão, da adubação (principalmente com N e K) e da irrigação, esta última, visando à economia de água. Caso contrário, há o depauperamento da lavoura, acarretando baixas produtividades.

As áreas de Areias Quartzosas que ocorrem junto aos mananciais devem ser obrigatoriamente isoladas e mantidas para a preservação dos recursos hídricos, da flora e da fauna. O reflorestamento de áreas degradadas, sem finalidade comercial, é uma opção recomendável onde a regeneração da vegetação natural é lenta, entretanto, o reflorestamento comercial é uma alternativa para as áreas mais afastadas dos mananciais e da rede de drenagem.

Fatores limitantes ao uso agrícola

Por serem muito arenosos, com baixa capacidade de agregação de partículas, condicionada pelos baixos teores de argila e de matéria orgânica, esses solos são muito suscetíveis à erosão. Quando ocupam as cabeceiras de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas (Fasolo et al., 1986).

Tendo em vista a grande quantidade de areia, nesses solos, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a fina, há séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível.

Apesar de a adsorção de P ser pequena nesses solos, existem problemas sérios quanto à lixiviação de nitrogênio e à decomposição rápida da matéria orgânica. A lixiviação de nitratos e de sulfatos é intensa por causa da grande macroporosidade e da permeabilidade dos solos de textura arenosa.

Ambiente de ocorrência

No Cerrado, as areias quartzosas estão relacionadas a depósitos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado. Em relevo mais movimentado, esses solos não permanecem estáveis.

Manejo das Areias Quartzosas

- Uso desse solo conforme sua aptidão agrícola.
- Avaliação da CTC, pois solos arenosos apresentam CTC muito baixa e dependem do teor de matéria orgânica.
- Teores de areia grossa maiores que os de areia fina implicam menor CTC e retenção de água.
- As Areias Quartzosas, em relevo suave-ondulado (entre 3% e 8%), são muito suscetíveis à erosão.
- Esses solos apresentam elevada perda de água por infiltração rápida.
- Os investimentos na melhoria e na manutenção das condições de produção podem ultrapassar os rendimentos obtidos. Deve-se, portanto, avaliar a viabilidade econômica do uso desses solos.
- Culturas perenes são opções mais recomendáveis do que as anuais.

Terra Roxa Estruturada (TR)

Nitossolo Vermelho (NV)

Características gerais

São solos minerais, não hidromórficos, apresentando cor vermelho-escuro tendendo à arroxeada. São derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos. Na sua maioria, são eutróficos com ocorrências menos frequentes de distróficos e raramente álicos. Quando comparados aos latossolos, as TRs apresentam maior potencial de resposta às adubações, consequência de sua CTC mais elevada.

Apresentam horizonte B textural, caracterizado mais pela presença de estrutura em blocos e cerosidade do que por grandes diferenças de textura entre os horizontes A e B. A textura varia de argilosa a muito argilosa e são bastante porosos (normalmente a porosidade total é superior a 50%). Uma característica peculiar é que esses solos, como os Latossolos Roxos, apresentam materiais que são atraídos pelo imã. Seus teores de ferro (Fe_2O_3) são elevados (superiores a 15%) (Figura 6).

Na região do Cerrado, é comum amostras de TRs com a presença de horizonte B latossólico logo abaixo do B textural. Essas passam a se chamar Terra Roxa Estruturada Latossólica e apresentam comportamento intermediário entre Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo.

Fatores limitantes

Apresentam riscos de erosão se estiverem localizados em relevos ondulados. Entretanto, se o solo for álico em profundidade, ocorrem limitações para o desenvolvimento radicular.

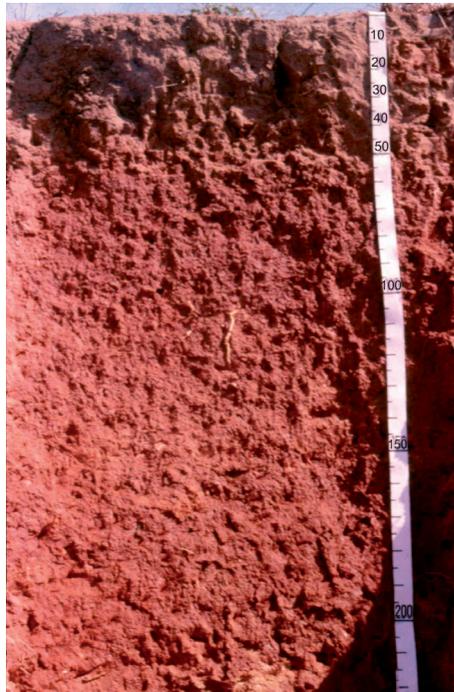


Foto: João Roberto Correia

Figura 6. Perfil representativo de Terra Roxa Estruturada (TR) ou Nitossolo Vermelho (NV).

Aptidão agrícola

As Terras Roxas Estruturadas compreendem solos de grande importância agrícola; as eutróficas são de elevado potencial produtivo, e as distróficas e álicas respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos.

Em vista de suas características, à exceção do relevo, esses solos têm aptidão boa para lavouras e demais usos agropastoris.

Ambiente de ocorrência

Formam-se sobre rochas básicas e ocupam as porções média e inferior de encostas onduladas até fortemente onduladas. É comum sua ocorrência em áreas bem drenadas, próximas a cursos d'água onde predominam rochas

básicas (basalto, diabásio). Estão frequentemente associadas a Latossolos Roxos (LR). Diferenciam-se dos Podzólicos Vermelho-Escuros por apresentar maior quantidade de ferro que este, além de serem atraídos pelo imã e por não apresentarem gradiente textural elevado (diferença significativa de argila do horizonte A para o B). A TR latossólica situa-se em posições intermediárias entre TR e LR.

Manejo das Terras Roxas Estruturadas

- Verificar a profundidade efetiva do solo a fim de, se necessário, utilizar o sistema de preparo adequado (mecânico ou tração animal).
- Por estar localizado em relevos movimentados, o risco de erosão é frequente.
- No caso de solos de baixa disponibilidade de nutrientes, verificar a correta dosagem de adubos e corretivos a ser aplicada, uma vez que sua resposta à adubação é alta.

Podzólicos (PE e PV)

Argissolos (PV) e (PVA)

Características gerais

São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes. Apresentam horizonte B de cor avermelhada até amarelada e teores de óxidos de ferro inferiores a 15%. Podem ser eutróficos, distróficos ou álicos. Têm profundidades variadas e ampla variabilidade de classes texturais (Figura 7).

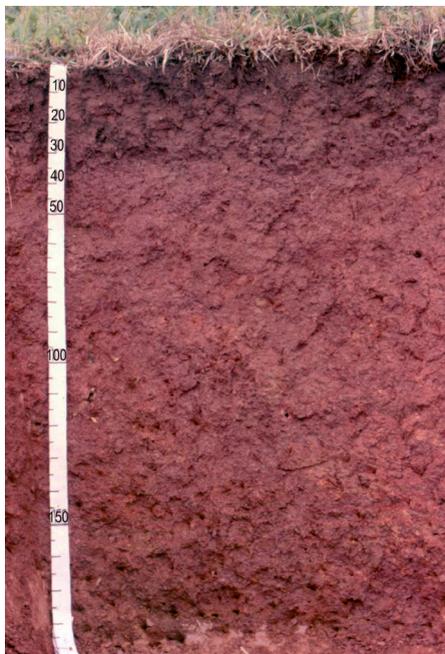


Foto: João Roberto Correia

Figura 7. Perfil representativo de Podzólico Vermelho-Escuro (PE) ou Argissolo Vermelho (PV).

Na região do Cerrado, as classes mais comuns de Podzólicos são o Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e Podzólico Vermelho-Escuro (PE). Esse último distingue-se pela coloração avermelhada mais escura e teor de óxidos de ferro mais elevado. Alguns podzólicos podem mostrar características intermediárias com outras classes de solos, como pouco desenvolvimento de estrutura e cerosidade, próprios de latossolos ou cambissolos.

Fatores limitantes

Nesses solos, constata-se grande diversidade nas propriedades de interesse para a fertilidade e uso agrícola (teor variável de nutrientes, textura, profundidade, presença ou ausência de cascalhos, pedras ou concreções, ocorrência em diferentes posições na paisagem, entre outras). Dessa forma, torna-se difícil generalizar suas qualidades.

Problemas sérios de erosão são verificados naqueles solos em que há grande diferença de textura entre os horizontes A e B, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno.

Os solos distróficos e álicos, além da limitação da fertilidade, podem ainda apresentar problemas com a eficiência da adubação e da calagem se estiverem localizados em relevos de ondulados a forte-ondulados. Nessas situações, é imprescindível a utilização intensiva de práticas de conservação do solo para evitar perdas de fertilizantes e de corretivos por erosão. Os problemas podem ser mais graves ainda se o solo for cascalhento.

Nos solos eutróficos, não existe limitação quanto à fertilidade. Entretanto, a retirada constante de nutrientes pelas plantas cultivadas, e a erosão nas áreas mais declivosas podem reduzir a disponibilidade de nutrientes.

Aptidão agrícola

Quando a fertilidade natural é elevada e não há pedregosidade⁷, sua aptidão é boa para agricultura. São particularmente indicados para situações em que não é possível grandes aplicações de capital para o melhoramento e a conservação do solo e das lavouras, o que é mais comum em áreas de agricultura familiar.

Os intermediários para latossolos apresentam aptidão para uso mais intensivo, mesmo contendo baixa fertilidade natural, uma vez que são profundos. Essa limitação pode ser corrigida, desde que ocorram em áreas de relevo suavizado. Culturas perenes também são uma alternativa para esses solos, principalmente, os mais profundos.

Ambiente de ocorrência

Apesar de não ocorrerem em grandes áreas contínuas no Cerrado, sua presença é frequente. Ocupam, na paisagem, a porção inferior das encostas

⁷ Proporção de pedras (denominadas de calhaus quando seu diâmetro é de 2 cm a 20 cm e matacões com diâmetro entre 20 cm e 100 cm) presentes no solo.

onde o relevo apresenta-se ondulado (8% a 20% de declive) ou forte-ondulado (20% a 45% de declive).

Manejo dos Podzólicos

- Observar a presença de cascalhos e pedras.
- Declividade do terreno: acima de 8% é muito difícil controlar a erosão.
- Diferença de textura entre os horizontes A e B, quando o A for arenoso e o B argiloso, esses solos são bastante suscetíveis à erosão.

Glei Pouco Húmico (HGP) Gleissolo Háptico (GX)

Características gerais

São solos minerais, hidromórficos, apresentando horizontes A (mineral) ou H (orgânico), seguido de um horizonte de cor cinzento-olivácea, esverdeado ou azulado, chamado horizonte glei, resultado de modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento durante o ano todo ou parte dele (Figura 8). O horizonte glei pode começar a 40 cm da superfície. São solos mal ou muito mal drenados, podendo apresentar textura bastante variável ao longo do perfil.

Podem apresentar tanto argila de atividade baixa quanto de atividade alta⁸, são solos pobres ou ricos em bases ou com teores de alumínio elevado. Como estão localizados em baixadas, próximas às drenagens, suas características são influenciadas pela contribuição de partículas provenientes dos solos das posições mais altas e da água de drenagem, uma vez que são formados em áreas de recepção ou trânsito de produtos transportados.

⁸ Atividade de argila refere-se à capacidade de troca de cátions (T) da fração mineral deduzida a contribuição da matéria orgânica (Fasolo et al., 1986). Solos com argila de atividade alta apresentam valor $T > 24 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; os de atividade baixa, valor $T < 24 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.



Figura 8. Perfil representativo de Glei Pouco Húmico (HGP) ou Gleissolo Háplico (GX).

Além do Glei Pouco Húmico, encontra-se na mesma posição, porém em proporção bastante reduzida nas áreas de Cerrado, o Glei Húmico. A diferença básica está no horizonte A. No Glei Húmico, esse horizonte tem 20 cm ou mais de espessura, apresenta-se escuro, turfoso ou com grande quantidade de matéria orgânica em outra forma. No Glei Pouco Húmico o horizonte A é mais claro do que no Glei Húmico, sendo mais pobre em matéria orgânica.

Fatores limitantes

A maior limitação está na presença de lençol freático elevado, com riscos de inundação, necessitando de drenagem para seu uso. Raramente, apresentam fertilidade alta, e a neutralização da acidez pela calagem é problemática, exigindo, muitas vezes, grandes quantidades de calcário.

A textura ao longo do perfil deve ser observada, pois solos muito argilosos em subsuperfície podem apresentar sérios problemas quando drenados. À medida que esses solos secam, ficam endurecidos, prejudicando o desenvolvimento de raízes. Ciclos constantes de umedecimento e secagem podem provocar endurecimento irreversível do solo.

No caso de glei húmico, a existência de camada orgânica, resultante do acúmulo de material orgânico, devido à má drenagem, pode provocar elevados valores de CTC e da relação C/N. Pode ocorrer ainda subsidência do material orgânico (afundamento) e perigo de incêndio desse material. A elevada afinidade da matéria orgânica com o cobre pode induzir a deficiência desse elemento nas plantas.

Aptidão agrícola

Apresentam sérias limitações ao uso agrícola, principalmente, em relação à deficiência de oxigênio (pelo excesso de água), à baixa fertilidade e ao impedimento à mecanização.

Por estarem em locais úmidos, conservadores de água, não se recomenda sua utilização para atividades agrícolas, principalmente, nas áreas que ainda estão intactas e nas nascentes dos cursos d'água. O ambiente onde se encontram os solos glei é muito importante do ponto de vista da conservação do recurso água. A drenagem dessas áreas pode comprometer o reservatório hídrico da região, particularmente, nas áreas onde se utiliza irrigação por superfície. A manutenção das várzeas é de suma importância para a perenização dos cursos d'água. Em alguns casos, mormente em pequenas propriedades, onde o uso do solo é bastante intensivo devido à escassez de área, é comum a utilização de várzeas, em especial, para horticultura, plantio de arroz por inundação e pastagens. Apesar de não recomendado, nesses casos, não há outra opção senão seu uso. Cuidados com o assoreamento e a poluição dos cursos d'água podem ser tomados, mas sempre que possível essas áreas devem ser protegidas, procurando-se opções menos agressivas ao ambiente.

Ambiente de ocorrência

Solos Gleí Pouco Húmico estão localizados em áreas de várzeas normalmente com vegetação de vereda, campos higrófilos ou hidrófilos⁹, em relevo plano que permite o acúmulo de água durante todo o ano ou na maior parte dele. Podem ocorrer em cabeceiras de rios ou córregos e também ao longo deles, estando sujeitos a inundações. O lençol freático quase sempre está próximo à superfície.

Manejo dos Solos Gleí

- Os ambientes onde se encontram esses solos devem ser mantidos com o mínimo de interferência antrópica, uma vez que neles se concentram as reservas hídricas da região do Cerrado.
- Manter esses ambientes, preferencialmente, como área de preservação.

Referências

ADÁMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1985. p. 33-74.

BÜCHELE, F. A.; SILVA, J. A. da. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. 81 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 58).

BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; Mc CRACKEN, Y. **Genesis y clasificación de suelos**. Mexico: Editorial Irillas, 1981. 417 p.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

⁹ Hidrófila = vegetação que vive em ambiente encharcado;

Higrófila = vegetação que vive em ambiente úmido, não encharcado.

CHAGAS, C. S. **Associação de Latossolo variação Una e Latossolo Vermelho-Escuro efeito diferencial da orientação dos estratos de rochas pelíticas pobres.** 1994. 124 f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

CORREIA, J. R.; MOTTA, P. E. F. da; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, P. F. M. de; CARVALHO FILHO, A. de; NAIME, U. J. Levantamento semi-detalhado de solos de uma área da usina Jalles Machado S/A Açúcar e Álcool, em Pirenópolis-GO para implantação da cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado:** resumos expandidos. Viçosa: SBCS, 1995. p. 1475-77.

COSTA, L. M. da ; ABRAHÃO, W. A. P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ V., V. H., FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa: SBCS: UFV, 1996. p. 429-443.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos:** 4ª aproximação. Rio de Janeiro, 1997. 169 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solo e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS.** Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de. **Mapa de solos do Brasil, 1:5.000.000.** Rio de Janeiro, 1981.

FASOLO, P. J.; HOCHMULLER, D. P., CARVALHO, A. P. de; CARDOSO, A.; RAUEN, M. de J.; POTTER, R. O. **Guia para identificação dos principais solos do estado do Paraná.** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 36 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 10).

KER, J. C. **Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil.** 1995. 181 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3. ed. Campinas: SBCS, 1996. 84 p.

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162 p.

MACEDO, J. Os solos da região dos cerrados. In: ALVAREZ V., V. H., FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS: UFV, 1996. p. 135-167.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Color Soil Charts**. Baltimore, 1975.

OLIVEIRA, J. B. de; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo - quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 169 p.

OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, H. do. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: quadrícula de Ribeirão Preto. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 133 p. (Boletim Científico, 7). II. Memorial descritivo.

OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.

PRADO, H. do. **A pedologia simplificada**. Piracicaba: POTAFOS, 1995 b. 16 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 1).

PRADO, H. do. **Manejo do solo**: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991. 117 p.

PRADO, H. do. **Manual de classificação de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995a. 197 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 47-86.

RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, p.3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURTI, N., RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: potafos, 1988. 83 p.

RESENDE, M.; RESENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, p. 3-25, 1983.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M., MACEDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. 28 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 21).

RODRIGUEZ de CASTRO, L. H.; MOREIRA, A. M.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. In: ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuva nos cerrados: análise e espacialização**. [Planaltina] : EMBRAPA-CPAC; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 1. p. 13-23.

SILVA, J.E. da; LEMANSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

VIEIRA, M. J. **Solos de baixa aptidão agrícola: opções de uso e técnicas de manejo e conservação**. Londrina: IAPAR, 1987. 68 p. (IAPAR. Circular, 51).

Amostragem de solos, corretivos e fertilizantes

Claudio Sanzonowicz

Amostragem de solo

O conhecimento da fertilidade do solo permite a utilização de práticas mais confiáveis de manejo de corretivos e de fertilizantes. O estabelecimento e a manutenção de um programa de adubação, geralmente, envolve o uso da análise do solo. Os solos são corpos heterogêneos, com características diferentes em virtude dos fatores de formação e do manejo quando já trabalhados que devem ser considerados na amostragem.

A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade da área em que foi coletada. A amostragem de solo é uma prática simples, mas deve ser baseada em conhecimentos científicos, como o coeficiente de variação que determina o número de amostras necessárias para se ter o limite de confiança estatística. O resultado de uma análise incorreta pode ser corrigido pela repetição, mas esse recurso não corrige erros de amostragem. Se as técnicas de amostragem do solo não forem seguidas, o resultado da análise terá pouco valor, pois o objetivo dela é avaliar o estado atual da disponibilidade de nutrientes do solo e orientar a correta aplicação de corretivos e fertilizantes para as culturas (Sabbe & Marx, 1987).

Coleta das amostras de solo

Plano de amostragem

O primeiro passo para realizar a amostragem consiste em dividir a área em glebas homogêneas, considerando os seguintes fatores:

- a) Tipo de cobertura vegetal, compreendendo formas naturais e implantadas.
- b) Formas de relevo delimitadas pelas mudanças de declividade.
- c) Características físicas: cor, textura e profundidade do perfil.
- d) Histórico de utilização da área, referente ao emprego de corretivos e fertilizantes.

Como regra geral, a homogeneidade é o principal fator que determina a área de abrangência da amostra. Uma amostragem bem sucedida significa cobrir a variabilidade local, com determinado grau de certeza, de modo que para se obter uma média verdadeira de determinada característica, pressupõe-se que cada observação (amostra simples) seja independente das demais. Estudos estatísticos indicam que 20 amostras simples, para compor uma amostra composta, constituem um número adequado para representar a área a ser amostrada que pode ter poucos metros quadrados ou vários hectares. Se for seguida essa regra geral, acima desse número de subamostras, diminui-se muito pouco o erro de amostragem, independentemente do tamanho da área homogênea.

Se uma amostra composta for capaz de cobrir bem a variabilidade local, o resultado da análise do solo poderá resultar numa recomendação adequada de adubos e corretivos, evitando-se aplicações excessivas ou insuficientes que poderão comprometer as expectativas de produção.

Frequência e época da amostragem

A frequência da amostragem vai depender do tipo de exploração e da mobilidade dos nutrientes no solo. Em área com culturas anuais, para solos arenosos, recomenda-se fazer nova amostragem após o terceiro cultivo, enquanto em solos argilosos uma nova amostragem deverá ser feita somente depois do quarto ou quinto cultivos.

Quanto à época de coleta das amostras de solo, elas podem ser feitas em qualquer época do ano. No entanto, considerando a necessidade de se ter a análise com bastante antecedência para planejar a compra de calcário ou adubos para a próxima safra, as amostras devem ser enviadas ao laboratório com a máxima antecedência possível em relação à época de plantio. O ideal seria coletar e enviar as amostras no final do período chuvoso (maio a junho), com alguma umidade no solo, para facilitar a amostragem.

Em pastagens já estabelecidas, sugere-se amostrar de dois a três meses antes do máximo crescimento vegetativo. Em culturas perenes, como fruteiras e café recomenda-se, amostrar o solo após a colheita.

Local e profundidade da amostragem

Evitar a coleta de amostras simples próximas a casas, brejos, voçorocas, árvores, sulcos de erosão, na curva de nível onde os restos vegetais da destoca foram queimados, formigueiros, próximo ao esterco ou urina em pastagens, caminho de pedestres ou em qualquer outra mancha não representativa da área.

Em áreas novas sob suspeita de acidez na subsuperfície, é conveniente amostrar o perfil até 60 cm de profundidade (0 a 20 cm; 20 cm a 40 cm; e 40 cm a 60 cm), seja para culturas anuais ou perenes. O objetivo dessa amostragem é caracterizar quimicamente o perfil do solo (disponibilidade de cálcio e toxidez de alumínio) para, se for o caso, corrigir qualquer impedimento químico para o crescimento de raízes e evitar que a lavoura corra o risco de maior perda de produtividade devido a veranicos.

Em áreas antigas e sob cultivo de culturas anuais, tais como: milho, trigo, arroz, soja, recomenda-se amostrar o solo na camada arável, ou seja, até 20 cm no sistema de plantio convencional (Miranda, 1982). No sistema de plantio direto, amostrar de 0 a 10 cm de profundidade (Anghinoni & Salet, 1997).

No caso de adubação superficial em culturas perenes, coletar na área de projeção da copa, amostras até 10 cm de profundidade e periodicamente avaliar a disponibilidade de nutrientes no perfil. Para pastagens estabelecidas e adubadas em cobertura, recomenda-se também a amostragem a 10 cm de profundidade, à semelhança das culturas perenes.

Equipamentos para amostragem

Para se obter uma amostra composta, independente do instrumento de coleta utilizado, deve-se ter o cuidado para que cada uma das amostras simples seja coletada na mesma profundidade e contribua com o mesmo volume de solo. Para a coleta das amostras simples de solo, os equipamentos mais comumente utilizados são apresentados na Figura 1.

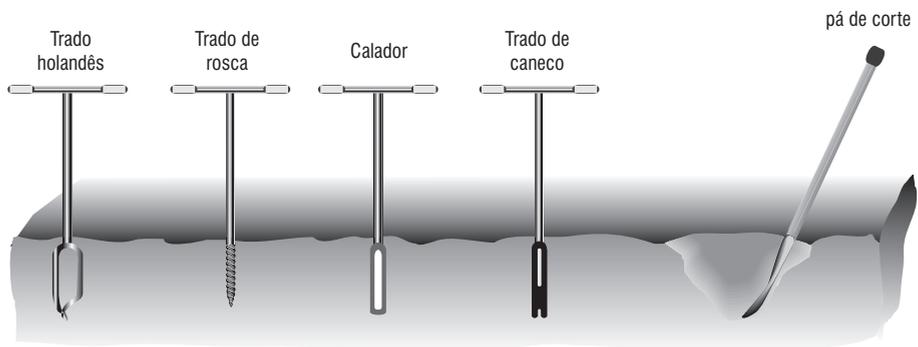


Figura 1. Equipamentos mais utilizados para a coleta de amostras de solo.

A escolha do equipamento vai depender do tipo e da umidade do solo. O trado holandês, que é o mais usado, é apropriado para amostragem de solo em profundidade, apresentando bom desempenho em todos os tipos de solo;

no entanto, exige grande esforço físico. O trado de rosca e o calador são excelentes para solos úmidos e arenosos e têm a vantagem de coletar pequenas quantidades de solo, o que facilita a homogeneização das subamostras no balde. O uso do trado calador requer a retirada do cilindro do solo amostrado com uma espátula ou com outra ferramenta. Com o trado holandês, utiliza-se uma faca para remover o solo excedente, facilitando sua retirada do centro do coletador para um balde ou saco plástico.

Antes de introduzir o equipamento para amostrar o solo, deve-se retirar plantas e restos vegetais da superfície.

A pá de corte e o enxadão são instrumentos simples e disponíveis na maioria das fazendas, no entanto, requerem mais tempo para coletar adequadamente as amostras. Antes de coletá-las, abrir um sulco em forma de V até 20 cm de profundidade. Retirar com a pá uma fatia de 2 cm a 3 cm de espessura num dos lados da cova e conservá-la sobre a pá e, com uma faca, separar os bordos, colocando somente o miolo no balde, conforme mostra a Figura 2.

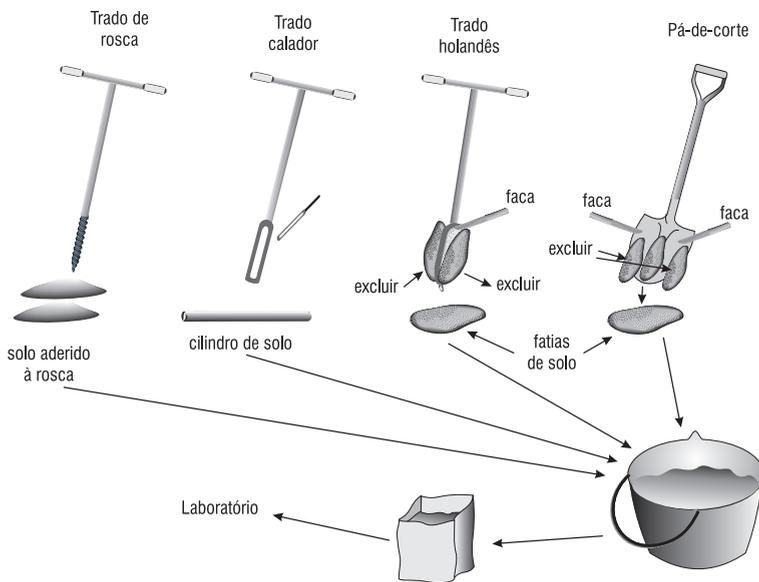


Figura 2. Procedimentos usados para a amostragem de solo.

O solo proveniente das subamostras deverá ser bem misturado no balde, no saco plástico ou em outro recipiente limpo, de modo que o conteúdo retido para a análise seja de aproximadamente 0,5 kg de solo. Colocar essas amostras num saco plástico limpo, etiquetar, preencher o formulário de informações e enviá-las ao laboratório.

Amostragem em áreas adubadas em linha

Áreas adubadas em linha tanto no plantio convencional (solo ainda não revolvido) quanto no sistema de plantio direto requerem cuidados especiais na amostragem, especialmente, para culturas que apresentam maior espaçamento entre as fileiras de plantas, para compensar a diferença de fertilidade existente devido à aplicação localizada dos fertilizantes. Para a coleta de amostras de solo nessas áreas, recomenda-se utilizar a pá-de-corte, observando-se os seguintes procedimentos:

- Localizar, na lavoura, as linhas onde o adubo foi aplicado, geralmente, na mesma linha de semeadura.
- Remover a vegetação existente e os restos culturais da superfície.
- Fazer uma cova em forma de V, (Figura 3), perpendicular à linha de plantio, com 20 cm de profundidade, sendo o comprimento correspondente ao espaçamento entre linhas, tendo-se o cuidado de que o sulco de aplicação de fertilizantes esteja localizado no centro dessa cova, em forma de cunha.
- Retirar da parede da cova, com a pá, uma fatia de espessura uniforme entre 2 cm e 3 cm até a profundidade de 20 cm.
- Colocar a terra coletada em um recipiente grande.
- Repetir o mesmo procedimento em mais 20 pontos da lavoura, fazendo um ziguezague.
- Espalhar o solo coletado em um superfície limpa (pode ser uma lona de plástico) e homogeneizá-lo muito bem, quebrando-se os torrões.

- Coletar cerca de 0,5 kg de solo homogêneo e seco à sombra, colocá-lo em saco plástico limpo, etiquetá-lo, preencher o formulário de informações e enviar a amostra ao laboratório.

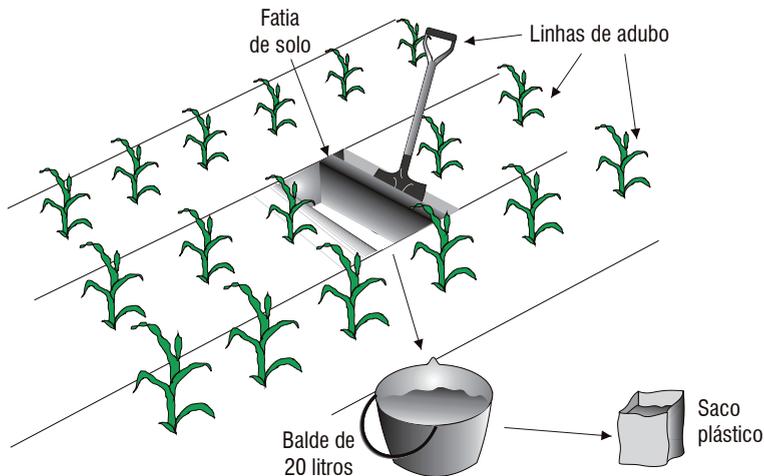


Figura 3. Amostragem do solo em áreas adubadas em linha.

Fonte: Comissão... (1995).

Amostragem no sistema de plantio direto

No sistema de plantio direto, os resíduos vegetais ficam na superfície, e a aplicação periódica de adubos e a de corretivos determinam a formação de gradientes no sentido vertical (maior acumulação de nutrientes na superfície) e maior variabilidade no sentido horizontal, já que as linhas de adubação permanecem intactas, ao contrário do sistema convencional em que o solo é revolvido depois de cada cultura.

A ciclagem dos nutrientes por meio da decomposição da matéria orgânica e a adição superficial de adubos e corretivos tendem a acumular nutrientes na superfície do solo. O fósforo, por ser um elemento não móvel no perfil, forma um gradiente mais acentuado a partir da superfície do solo. Além do acúmulo de P na superfície, pode ocorrer também a acidificação na

camada superficial (0 a 5 cm), principalmente, em sistemas em que predominam gramíneas na rotação e que recebem doses elevadas de fertilizante nitrogenado. O objetivo dessa amostragem é verificar se existe uma camada superficial com pH baixo, o que uma amostragem de 0 a 20 cm, preconizada para o sistema convencional, muito provavelmente, não vai detectar. Para avaliar as condições químicas do solo sob plantio direto, sugere-se que as amostragens sejam feitas nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 cm a 20 cm.

Amostragem de corretivos e de fertilizantes

Ensacados

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) com representação nos estados por meio das Delegacias Estaduais é o responsável pela fiscalização e inspeção da produção e do comércio de fertilizantes e corretivos destinados à agricultura com base na Lei nº 6894, de 16 de dezembro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982.

Qualquer agricultor pode solicitar, por escrito, a fiscalização de fertilizantes e corretivos ao Mapa desde que tenha adquirido o produto diretamente do fabricante, distribuidores ou revendedores e que o prazo da aquisição não tenha ultrapassado o período de sessenta dias. Para que a coleta da amostra seja correta, existem vários procedimentos que devem ser seguidos. O lote de adubo a ser fiscalizado deverá obedecer a critérios de armazenamento de modo a preservar a qualidade, e as embalagens deverão estar completamente vedadas e em perfeito estado. A amostra de fertilizantes sólidos ensacados deve ser coletada com a sonda metálica que é um tubo duplo perfurado e com a ponta cônica maciça.

Para se obter uma amostra representativa de determinado lote, os sacos a serem amostrados devem ser escolhidos de diferentes posições na pilha, e o número de frações que formará uma amostra final varia conforme o

tamanho do lote. Até dez sacos, todos devem ser amostrados, de 11 a 50; de 51 a 100; e acima de 100 até 2 mil, amostrar respectivamente, 10, 20 e 20 + 2% da totalidade dos sacos. Quando o lote for superior a 2 mil sacos, este deve ser dividido em lotes de 2 mil ou fração. Além de seguir esses procedimentos, devem-se escolher sacos de diferentes posições no lote e não recolher amostras de sacos abertos ou contendo adubo úmido ou molhado.

Para a coleta de qualquer fertilizante principalmente as misturas de adubos granulados deve-se:

- a) Deitar o saco horizontalmente sobre o chão.
- b) Tombá-lo pelo menos três vezes, para garantir a mistura do adubo.
- c) Com a sonda fechada, introduzi-la totalmente no saco e abri-la para que o material caia nos furos.
- d) Fechar os furos e retirar a sonda, despejando seu conteúdo em um recipiente limpo.
- e) Repetir a operação para cada embalagem a ser amostrada.

A granel

Em silos ou a céu aberto

Quando o produto estiver a céu aberto, sem nenhuma proteção, principalmente no caso do calcário, deve-se desprezar a camada superficial do monte.

A coleta das amostras em montes também deve ser feita com a sonda de amostragem que será introduzida totalmente e de forma inclinada. Em lotes de até cem toneladas, coletar no mínimo dez amostras simples em diferentes pontos do monte, escolhidos ao acaso, de modo que a amostra seja representativa de todo o lote. Em montes de corretivos ou fertilizantes acima de cem toneladas, deverão ser retiradas além das dez amostras simples mais cinco a cada cem toneladas ou fração. Juntar as amostras simples em um recipiente limpo que evite a absorção de umidade.

Em vagões ou em caminhões

Dividir e numerar a superfície do caminhão ou do vagão em dez áreas retangulares e, com a sonda metálica, retirar uma amostra de cada área numerada. A sonda deve ser introduzida, completamente, na posição inclinada, desde que o material permita. Juntar as amostras em um recipiente limpo e que evite a absorção de umidade.

Em operações de carga ou descarga, tais como correias, roscas, calhas e bicas

As amostras devem ser coletadas com um amostrador (caixa coletora que na sua parte superior tem uma abertura de 2,2 cm x 25 cm e 3,8 cm de profundidade (Associação..., 1989). A parte inferior do coletor, em forma de cunha, tem 25 cm de comprimento x 10 cm de largura na base maior, estreitando até 2,2 cm na base menor (medida da parte superior) e 12,7 cm de altura (Figura 4).

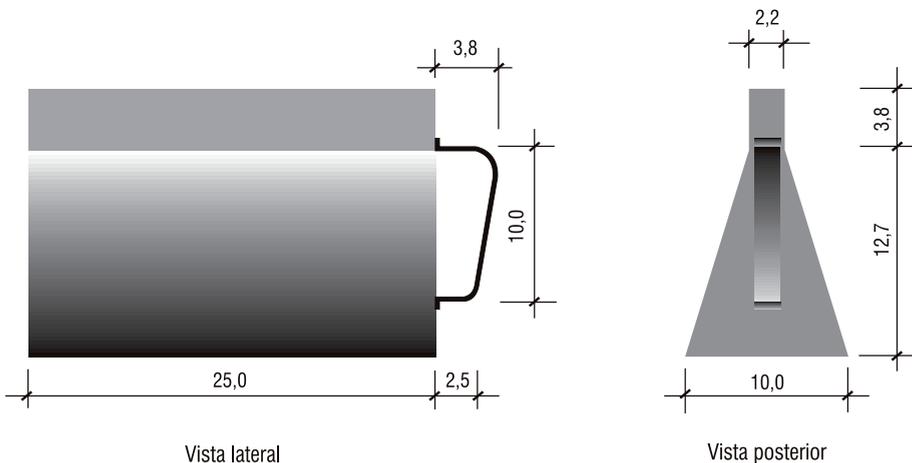


Figura 4. Caixa coletora para amostragem de corretivos e fertilizantes agrícolas em correias transportadoras.

Fonte: Associação... (1989).

Com o amostrador ou caixa coletora descrita anteriormente, fazer a amostragem quando o fluxo estiver contínuo e pelo menos três minutos depois do início da operação de carga ou descarga (Associação..., 1989).

Mantendo o amostrador no sentido horizontal, passar pela cascata de corretivo ou adubo em queda, para varrer toda a cascata com velocidade uniforme, de modo que o amostrador fique entre meio e completamente cheio sem transbordar (Figura 5). Coletar com o amostrador dez amostras em intervalos predeterminados.

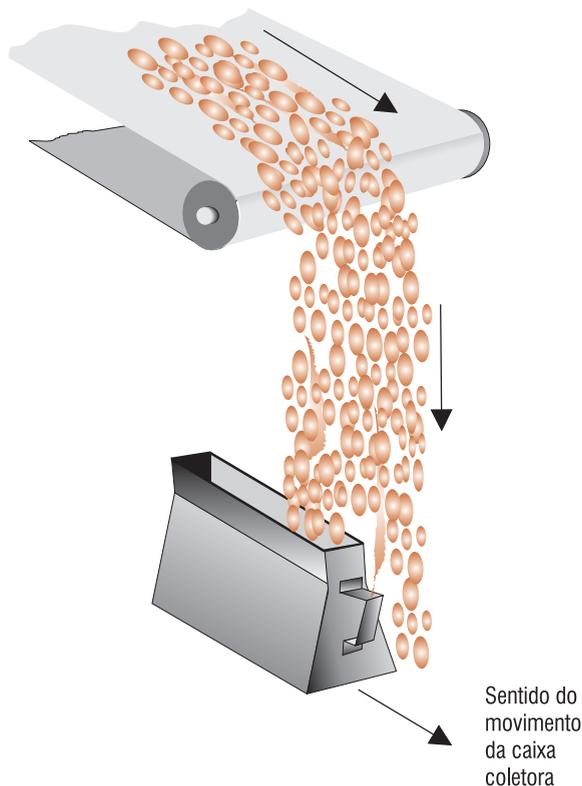


Figura 5. Sentido do movimento e posição da caixa coletora para amostragem de corretivos e fertilizantes agrícolas.

Fonte: Associação... (1989).

Procedimentos para a obtenção da amostra

A quantidade do material coletado excede a que precisa ser enviada ao laboratório. Para preparar uma amostra com cerca de 1 kg a 1,2 kg, pode-se fazê-la por meio da divisão manual em quartos ou pelo quarteador tipo “Jones” (Figura 6).

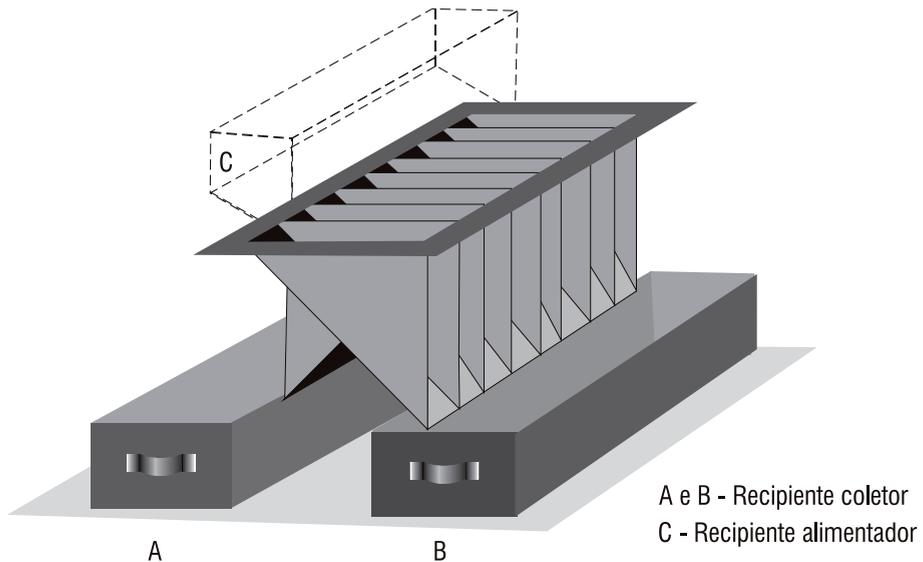


Figura 6. Modelo de quarteador tipo Jones.

Fonte: Associação... (1989).

Na fazenda, é mais fácil a quarteação manual que não exige nenhum equipamento especial. Com o material coletado sobre uma superfície lisa e limpa, executar os seguintes procedimentos:

- Misturar as frações coletadas no lote, formando pequeno monte de base redonda.
- Com a ajuda de uma régua, dividir o monte em quatro partes iguais.
- Tomar duas partes, de lados opostos em diagonal, desprezando as outras.

- d) Juntar as duas partes misturá-las bem e repetir as operações acima até obter-se uma amostra com cerca de 1 kg a 1,2 kg (que deverá ser dividida em quatro amostras de 250 g a 300 g conforme os itens abaixo).
- e) Misturar novamente, formando um monte de base redonda e, dividi-lo em quatro partes iguais em forma de cruz.
- f) Juntar as duas partes, de lados opostos em diagonal, formando uma porção, fazendo o mesmo com as outras duas partes (duas amostras).
- g) Em seguida, misturar, separadamente, cada uma das duas frações e proceder para cada uma delas conforme indicado nas letras b e f, obtendo-se assim as quatro partes iguais da amostra, com aproximadamente 250 g a 300 g cada uma.
- h) Colocar essas quatro amostras dentro de sacos plásticos fechados hermeticamente para evitar a absorção de umidade. Nos sacos, anotar: garantias do adubo e data de fabricação; local e data da coleta; marca e número do registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; código do estabelecimento produtor no Mapa e nome do responsável pela coleta da amostra.

Manuseio e armazenamento das amostras

A contaminação das amostras pode ocorrer no momento da coleta do solo no campo pelo uso de recipientes inadequados para a coleta e pela manipulação. As contaminações mais comuns ocorrem pelo uso de pás e enxadas enferrujadas ou que foram usadas para manipular adubos e embalagens sujas principalmente com adubos. Esses procedimentos incorretos podem afetar os resultados das análises, principalmente, dos micronutrientes. As amostras embaladas em sacos plásticos fechados não devem ser expostas ao sol nem devem ser guardadas úmidas por vários dias, uma vez que podem ocorrer reações químicas e provocar alterações significativas de modo a influenciar os resultados das análises. No caso de as amostras não puderem ser remetidas imediatamente ao laboratório, devem ser

secadas em cima de um material limpo (plástico de preferência), espalhando a terra e deixando-a secar à sombra em local ventilado. Depois de seca, a amostra poderá ser armazenada em caixas de papelão ou sacos plásticos limpos para posterior envio ao laboratório para análise.

Envio da amostra de solo ao laboratório

A quantidade de solo, encaminhada ao laboratório, deve pesar aproximadamente 500 g. Essas amostras devem ser secas ao ar e embaladas em caixas de papelão ou em sacos de papel limpos e reforçados ou ainda em sacos plásticos limpos para o envio ao laboratório. Além disso, as amostras devem ser identificadas e acompanhadas de informações referentes a cada uma das glebas amostradas. Amostras de terra úmida podem ser mandadas ao laboratório se a coleta foi realizada, no máximo, no dia anterior, e as amostras, acondicionadas em sacos plásticos, não foram expostas à luz solar.

As amostras podem ser enviadas pelo correio ou entregues em qualquer um dos laboratórios que utilizam os métodos de análise de solo, desenvolvidos e testados na região.

Unidades usadas nos resultados das análises

Solos

Os resultados das análises de solo devem ser expressos de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI). As unidades de representação devem ter como base o quilograma (kg) ou o decímetro cúbico (dm^3) para substâncias sólidas e o litro (L) para os líquidos.

Os nutrientes trocáveis no solo, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} , $(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$, soma de bases (S) e a capacidade de troca de cations e ânions (CTC e CTA) podem ser representados em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$, mmol_c/L ou em cargas por unidade de massa, quilograma (kg), grama (g) e miligrama (mg). Quando os valores são expressos em $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$, os valores são dez vezes maiores do

que os apresentados em $\text{me}/100\text{cm}^3$. Mas, se forem em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, os valores são iguais àqueles em $\text{me}/100\text{ cm}^3$ (Tabela 1).

Tabela 1. Transformação dos valores de análise de solos no Sistema Internacional de Unidades (SI).

| Unidade antiga (U) | Fator de conversão (F) | Unidade nova, SI (N) $N = U \times F$ |
|-----------------------------|------------------------|--|
| % | 10 | g/kg , g/dm^3 , g/L |
| $\text{me}/100\text{ cm}^3$ | 10 | $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ |
| $\text{me}/100\text{ cm}^3$ | 1 | $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ |
| $\text{me}/100\text{ g}$ | 1 | cmol_c/kg |
| $\text{me}/100\text{ g}$ | 10 | mmol_c/kg |
| me/L | 1 | mmol_c/L |
| ppm | 1 | mg/kg , mg/dm^3 , mg/L |
| P_2O_5 | 0,437 | P |
| K_2O | 0,830 | K |
| CaO | 0,715 | Ca |
| MgO | 0,602 | Mg |

A unidade em porcentagem, que é muito usada para expressar teores e concentrações, deve ser apresentada em unidades do SI. Por exemplo: 3% de N no tecido deve ser expresso como 30 g/kg de N na matéria seca.

Corretivos

Tanto para os corretivos como para os fertilizantes, não será possível adotar imediatamente o SI, já que o comércio e a legislação ainda não colocaram em prática a nova nomenclatura. Atualmente, ainda se faz o uso do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) para a correção da dose de calcário estimada (Capítulo 3).

Para adequar os cálculos da necessidade de calagem, usando o Sistema Internacional de Unidades, os teores de cálcio e magnésio e as frações granulométricas devem ser expressas em gramas por quilograma (g/kg) do produto. Por exemplo:

$$\text{Poder de neutralização (PN)} = \text{Ca}/20,0 + \text{Mg}/12,2,$$

$$\text{Eficiência relativa das partículas (RE)} = (0,2a + 0,6b + c)/1.000,$$

$$\text{Poder de neutralização efetivo (PNE)} = \text{PN} \times \text{RE}.$$

Neste caso, o PN é expresso em mol_c/kg do corretivo e os teores de Ca e Mg devem ser em g/kg. A RE – eficiência relativa das partículas: *a*, *b* e *c* é calculada com as frações granulométricas expressas em g/kg de corretivo. O PNE – Poder de Neutralização Efetivo, que corresponde ao PRNT, é também expresso em mol_c/kg do corretivo. Um exemplo de cálculo da necessidade de calagem pode ser encontrado no Anexo 12.

Fertilizantes

O preço dos fertilizantes é, em grande parte, conferido pelo teor de nutrientes que contêm. A concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos fertilizantes deve ser expressa em gramas de nutrientes por kg de adubo. A adoção da nova nomenclatura para substituir o tradicional P₂O₅ e K₂O levará algum tempo e, neste caso, deverá ser usada simultaneamente, a representação do SI, em conjunto com o sistema tradicional. Por exemplo, o superfosfato simples possui 19% de P₂O₅, o que corresponde no SI a 83,03 g/kg de P no produto.

Quanto aos microelementos (Fe, Cu, Zn, Cu, B, Mn, etc.) em fertilizantes sólidos, eram expressos em ppm, no SI sua representação será em mg/kg. Nesse caso, os valores serão os mesmos. Nos fertilizantes líquidos, a concentração dos macronutrientes, no novo sistema, deverá ser expressa em g/L e os micronutrientes em mg/L.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS (São Paulo, SP). **Análise de corretivos agrícolas**. São Paulo, 1989. 30 p.

ANGHINONI, I.; SALET, L. R. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1997. p. 29-54.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.

MIRANDA, L. N. **Amostragem de solo para análise química**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1982. 13 p. (Circular Técnica, 11).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Amostragem de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 3-6. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SABBE, W. E.; MARX, D. B. Soil sampling: spatial and temporal variability. In: BROWN, J. R. (Ed.). **Soil testing: sampling, correlation, calibration, and interpretation**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p. 1-14. (SSSA Special Publication, 21).

Correção da acidez do solo

Djalma M. Gomes de Sousa

Edson Lobato

Introdução

O crescimento das raízes das plantas é reduzido na presença de excesso de alumínio (Al), sendo igualmente afetado pela deficiência de cálcio (Ca). Um sistema radicular pouco desenvolvido limita a absorção de água, nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas.

Na região do Cerrado, o problema da acidez (excesso de alumínio, baixos teores de cálcio e magnésio) não é só superficial (0 a 20 cm), podendo ocorrer também na subsuperfície (camadas mais profundas). Cochrane & Azevedo (1988), analisando os solos da região nas profundidades de 0 a 20 cm e de 21 cm a 50 cm, verificaram que, respectivamente, 79% e 70% das amostras apresentavam saturação por alumínio maior que 10%. Quanto ao teor de cálcio, observaram que era menor que $0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em 86,3% das amostras na camada de 21 cm a 50 cm. Portanto, é de se esperar que nessa região ocorram restrições químicas ao desenvolvimento das raízes de culturas comerciais que venham a ser implantadas.

A correção da acidez superficial e subsuperficial se faz necessária para obter melhores produtividades das culturas e maior eficiência no uso da água e nutrientes. Para essa correção, o insumo mais utilizado para a camada superficial do solo é o calcário e para a subsuperficial, o gesso agrícola. Neste capítulo, serão discutidos procedimentos que possibilitam diagnosticar o problema da acidez e a recomendação do corretivo necessário para solucioná-lo.

Acidez superficial

A prática utilizada para correção da acidez na camada arável (0 a 20 cm) do solo é a calagem. O índice de pH em água a ser atingido para uma produção de grãos economicamente viável é de 5,5 a 6,3, pois nesse intervalo as plantas têm boas condições de assimilação dos nutrientes essenciais como: fósforo, potássio, enxofre e nitrogênio.

Uma calagem bem feita vai neutralizar o alumínio do solo e fornecer cálcio e magnésio como nutrientes. Além disso, promove o aumento da disponibilidade do fósforo e de outros nutrientes no solo, assim como da capacidade de troca de cátions efetiva e da atividade microbiana, entre outros benefícios.

A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas culturas.

Deve-se salientar que, com o aumento do pH, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes como zinco, manganês, cobre e ferro. Entretanto, com a adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade, na faixa de pH entre 5,5 e 6,3 ou de saturação por bases entre 40% e 60%.

A quantidade de calcário a ser utilizada em determinada área depende do tipo de solo e do sistema de produção a ser desenvolvido. Na região do Cerrado, o método que foi mais utilizado para determinar a necessidade de calcário (N.C.) é o que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis, e o cálculo da N.C. varia em função do teor de argila dos solos.

Para solos com capacidade de troca de cátions (CTC ou valor T) maior que $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, teor de argila acima de 15% e teor de Ca + Mg menor que $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = [(2 \times \text{Al}) + 2 - (\text{Ca} + \text{Mg})] \times f$$

em que: f é um fator de correção para a qualidade do calcário.

Para solos com CTC maior que 4,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, teor de argila maior que 15% e teor de Ca + Mg maior que 2,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ a fórmula utilizada é:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (2 \times \text{Al}) \times f$$

A ficha de análise dos calcários inclui o índice chamado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) que indica a qualidade efetiva do calcário. Esse índice é, normalmente, diferente de 100%, devendo-se, portanto, corrigir essa diferença, usando o fator f que é determinado pela fórmula:

$$f = \frac{100}{\text{PRNT}}$$

Assim, se o valor do PRNT for 80% o valor de f será $100/80 = 1,25$; quando for de 70% o valor de f será $100/70 = 1,43$.

Quando se tratar de Areias Quartzosas (cujo teor de argila é menor que 15%), a quantidade de calcário a ser utilizada (N.C.) é dada pelo maior valor encontrado de uma destas duas fórmulas:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (2 \times \text{Al}) \times f$$

$$\text{N.C. (t/ha)} = 2 \times (\text{Ca} + \text{Mg}) \times f$$

Deve-se ressaltar que as Areias Quartzosas têm, em geral, uso agrícola limitado, devido ao fato de apresentar baixa capacidade de troca de cátions, baixa capacidade de retenção de água e grande suscetibilidade à erosão.

O método para estimar a N.C., baseado no Al, Ca e Mg trocáveis, eleva a saturação por bases dos solos para valores médios de 49%. Com base nesse critério, há tendência de se recomendar mais calcário que o necessário para solos arenosos com baixa CTC (menor que 4,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e menos que o necessário para solos com CTC alta (maior que 12,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) (Sousa et al., 1989). Entretanto, essa limitação é minimizada porque a maioria dos solos do Cerrado apresenta CTC entre 4,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e 12,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Outro método para recomendar calcário que vem sendo muito usado, na região, é o que utiliza a saturação por bases do solo. A necessidade de calcário é calculada pela fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = \frac{V_2 - V_1}{100} T \times f$$

em que: V_2 = Saturação por bases que se deseja

V_1 = $S/T \times 100$ = Saturação por bases atual

T = $(H + Al + S)$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$

S = $(Ca + Mg + K)$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$

f = Fator de correção já descrito anteriormente

Como a saturação por bases de 50% satisfaz os sistemas que incluem a maioria das culturas de sequeiro semeadas no Cerrado (plântio direto ou convencional), a fórmula pode ser transformada para:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (T/2 - S) \times f$$

Dados obtidos experimentalmente indicam que a produtividade de grãos das culturas de sequeiro, (soja, milho, trigo e feijão) aumenta com a saturação por bases até 40%, estabiliza entre os valores de 40% e 60% e diminui quando a saturação por bases é maior que 60% (Figura 1). Para valores de saturação por bases maiores que 60%, o pH em água do solo será maior que 6,3 e, nessa situação, poderá ser induzida a deficiência de zinco, cobre, ferro e manganês, essa última muito frequente na região do Cerrado.

Em sistemas irrigados, considerando a intensidade de cultivos, pode-se aplicar calcário para saturação por bases de 60%. Em sistemas menos exigentes, como as pastagens estabelecidas com espécies tolerantes à acidez (*Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus*, etc.), recomenda-se uma saturação por bases de 30%.

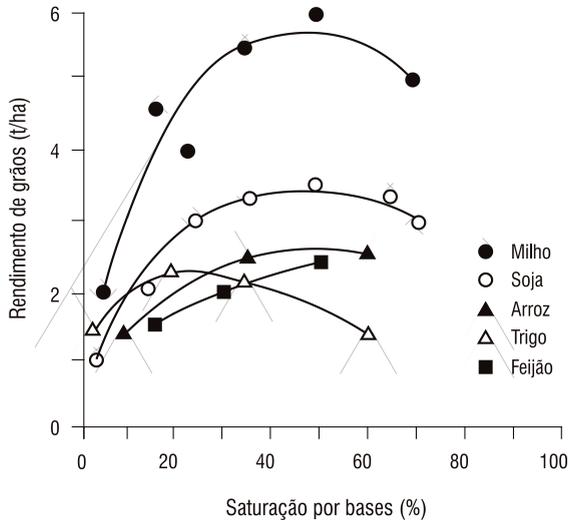


Figura 1. Relação entre produtividade de grãos de algumas culturas anuais e saturação por bases na camada arável dos solos de Cerrado.

Devido à deficiência de magnésio nos solos do Cerrado, sugere-se o uso de calcário dolomítico ou magnesiano, ou seja, aqueles que apresentam teor mínimo de 5,1% de MgO. Mas, na ausência desses, pode-se utilizar calcário calcítico desde que se adicione magnésio ao solo. O próprio calcário dolomítico na dose de 300 kg/ha a 500 kg/ha, aplicado no sulco de semeadura ou a lanço, pode ser usado para suprir a necessidade de magnésio da cultura. O óxido de magnésio também pode ser uma alternativa.

De modo geral, a relação entre os teores de Ca e Mg no solo, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, deve situar-se no intervalo de 1:1 até o máximo de 10:1, observado o teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.

É importante lembrar que na escolha do calcário a ser utilizado, deve-se considerar seu preço corrigido para 100% de PRNT, posto na propriedade, ou seja, incluindo o custo do transporte. Assim, o preço efetivo do calcário deve ser calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Preço efetivo (posto na fazenda)} = \frac{\text{Valor do calcário na fazenda} \times 100}{\text{PRNT}}$$

Do ponto de vista econômico, a calagem deve ser considerada como investimento. No cálculo de sua economicidade, devem ser considerados períodos de amortização ao redor de 5 a 6 anos (Sousa & Scolari, 1986). Por sua importância agrônômica, além de sua participação percentual no custo de “construção” do solo (transformação de solos de baixa fertilidade em solos produtivos), entre 5% e 10% no caso de culturas de sequeiro, essa operação deve ser efetuada seguindo todas as recomendações. O uso de doses abaixo ou acima das indicadas tem um efeito direto na queda da produtividade, podendo causar prejuízos consideráveis.

Para que o calcário produza os efeitos desejáveis, é necessário haver umidade suficiente no solo para sua reação. Contudo, na região do Cerrado existe uma estação seca, que se prolonga de maio a setembro, quando o solo, de modo geral, contém pouca umidade. Assim, a época mais adequada para a calagem é o final do período chuvoso anterior à semeadura ou, caso isso não seja possível, o início da estação chuvosa, pouco antes da semeadura.

A forma mais comum de aplicação é aquela em que se distribui o produto uniformemente na superfície do solo, seguida da incorporação. Se houver necessidade de utilizar doses elevadas (maiores que 5 t/ha) existem vantagens no parcelamento. Sugere-se espalhar a metade da dose depois do desmatamento e incorporar com grade pesada, efetuando-se a catação de raízes e a limpeza da madeira remanescente na área quando necessária. Então, pode-se aplicar a segunda metade da dose e incorporá-la com arado de discos o mais profundo possível. Se for necessário utilizar calcário em áreas já cultivadas, a incorporação deve ser feita com arado de discos, implemento que propicia mistura mais homogênea do calcário no solo.

O calcário pode ser também aplicado de forma parcelada, em sulcos, junto à semeadura, utilizando-se semeadeiras com uma terceira caixa. Entretanto, essa operação somente é válida quando se tratar de suprir cálcio e magnésio como nutrientes para as plantas. Nesse caso, doses de até 0,5 t/ha solucionariam o problema. Contudo, se o solo apresentar acidez elevada, os

acréscimos em produtividade podem ser bastante limitados utilizando-se essa técnica de calagem em sulcos.

Na Figura 2, são apresentadas as produtividades de soja com o parcelamento da dose de 4 t/ha de calcário, em oito aplicações, num período de 4 anos, na sequência soja-trigo. A produtividade máxima da soja só foi obtida no quarto ano de cultivo (oitavo cultivo da área), quando a soma das aplicações parceladas atingiram 4 t/ha, que foi a dose recomendada para esse solo. Num sistema de sequeiro, com apenas um cultivo por ano, essa dose seria aplicada em 8 anos.

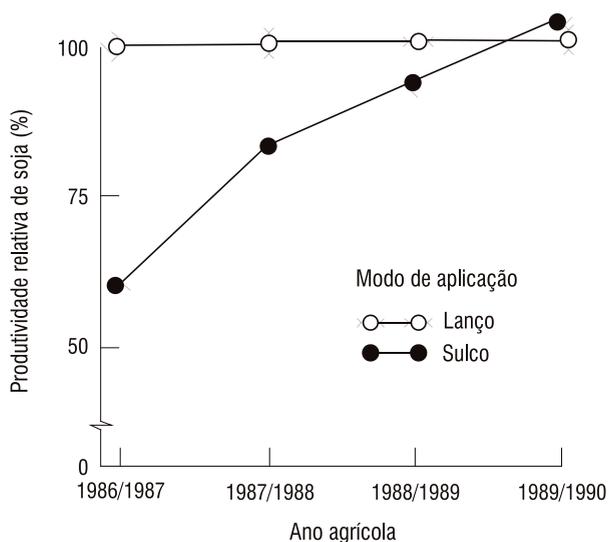


Figura 2. Produtividade relativa de quatro cultivos de soja em rotação com trigo (irrigado) com aplicação de 4 t/ha de calcário a lanço no primeiro ano e parcelada em oito aplicações de 0,5 t/ha no sulco, a cada plantio, em solo Gley Pouco Húmico. Fonte: Miranda (1993).

Quando se identifica na lavoura problema de deficiência de micronutrientes, tendo a área recebido calcário, sugere-se proceder a uma amostragem estratificada do solo (0 a 10 cm, 10 cm a 20 cm e 20 cm a 30 cm) e, de posse dos resultados da análise, verificar se o problema foi devido à incorporação superficial do calcário. Caso isso tenha ocorrido, um implemento agrícola que

misture o calcário a 20 cm deve ser usado nessa área. Se a causa foi realmente aplicação de dose excessiva de calcário até a profundidade de 20 cm, os micronutrientes que estão em deficiência devem ser aplicados via adubação foliar, até que se reduza a saturação por bases a um valor desejável.

O calcário apresenta um efeito residual que persiste por vários anos. Em oito áreas experimentais foi avaliada, durante 3 anos, a reatividade dos corretivos aplicados. O PRNT dos corretivos variou entre 50% e 70%, e as áreas foram cultivadas em sistema convencional. Em média, 50% do calcário aplicado reagiu no primeiro ano, mais 30% no segundo ano e o restante no terceiro ano após a aplicação. Em geral, a velocidade de reação do calcário é tanto mais rápida quanto maior for o PRNT do corretivo. Depois dessa reação, inicia-se o processo de acidificação do solo que terá intensidade diferenciada dependendo do sistema de preparo do solo, fontes de adubos nitrogenados, rotação de culturas, etc.

Em um experimento conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, com dois sistemas de preparo (convencional e sem preparo), após 6 anos da aplicação do corretivo (a lanço e incorporado com grade aradora e arado de discos), a área que continuou sendo preparada anualmente com arado de discos e grade niveladora apresentou um processo de acidificação mais intenso até 20 cm de profundidade e necessitou 35% mais calcário que a área sem preparo para elevar a saturação por bases até 50%. Outra observação importante é que na área sem preparo, o processo de acidificação foi bastante intenso nos cinco centímetros superficiais do solo (Figura 3).

Assim, após a primeira calagem, recomenda-se nova análise de solo depois de 3 anos de cultivo e, quando a saturação por bases for menor que 35% no sistema de sequeiro e menor que 40% nos sistemas irrigado e de plantio direto, aplicar mais calcário para elevar a saturação por bases a 50% no sistema de sequeiro e 60% no irrigado. No sistema de plantio direto, a reaplicação do calcário deve ser feita a lanço, na superfície do solo, sem incorporação e, no convencional incorporá-lo com arado de discos.

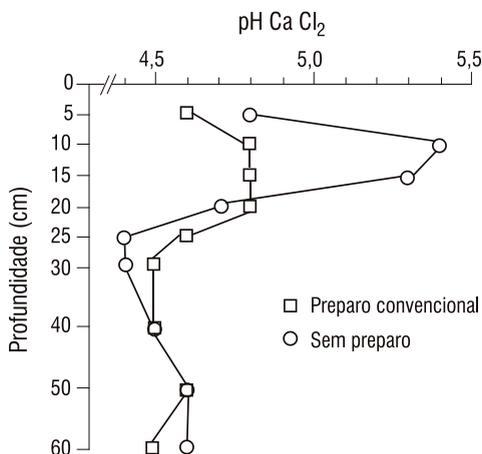


Figura 3. pH de um latossolo muito argiloso em diferentes profundidades, após 6 anos de aplicação do calcário em dois sistemas de preparo do solo.

Acidez subsuperficial

Os solos do Cerrado podem apresentar problemas de acidez subsuperficial, e a incorporação profunda de calcário para controlar essas condições nem sempre é viável na lavoura. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 35 cm a 40 cm, podem continuar com excesso de alumínio tóxico, associado ou não à deficiência de cálcio, mesmo que se tenha efetuado calagem considerada adequada. Conseqüentemente, as raízes da maioria das espécies cultivadas iriam desenvolver apenas na camada superficial. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar diminuição na produção das plantas, principalmente nas regiões onde é mais frequente a ocorrência de veranicos.

Ao se aplicar gesso agrícola no solo no qual a acidez da camada arável foi corrigida com calcário, o sulfato, após sua dissolução, movimenta-se para camadas inferiores acompanhado por cátions, especialmente o cálcio (Figura 4).

Com a movimentação de cátions para a subsuperfície, os teores de cálcio e de magnésio aumentam (Figura 4), acarretando redução no teor de alumínio tóxico e melhorando o ambiente do solo para as raízes

desenvolverem. Esses efeitos já podem ser observados no ano agrícola de aplicação do gesso.

Quando o gesso é aplicado, com critério, nas doses recomendadas para cada tipo de solo, não se tem observado movimentação de potássio e magnésio no perfil do solo em níveis que possam trazer problemas de perdas desses nutrientes.

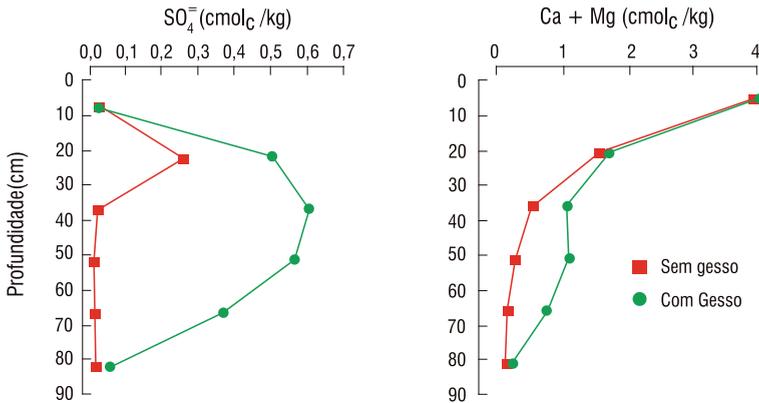


Figura 4. Distribuição do sulfato (SO_4) e do cálcio mais magnésio ($\text{Ca} + \text{Mg}$) trocáveis em diferentes profundidades de um latossolo argiloso, sem aplicação e com aplicação de gesso, após um período de 39 meses.

Fonte: Sousa et al. (1995).

A resposta ao gesso agrícola, como melhorador do ambiente radicular em profundidade, tem sido observada para a maioria das culturas anuais. Destacam-se as respostas das culturas de milho, trigo e soja (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito da aplicação do gesso agrícola ao solo, na produtividade de culturas anuais, submetidas a veranicos na época da floração.

| Gesso | Milho | Trigo | Soja |
|-------|------------------|-------|------|
| | ----- t/ha ----- | | |
| Sem | 3,2 | 2,2 | 2,1 |
| Com | 5,5 | 3,5 | 2,4 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1992).

Essas respostas são atribuídas à melhor distribuição das raízes das culturas em profundidade no solo (Figura 5), o que propicia às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre veranico, como observado na cultura do milho (Figura 6).

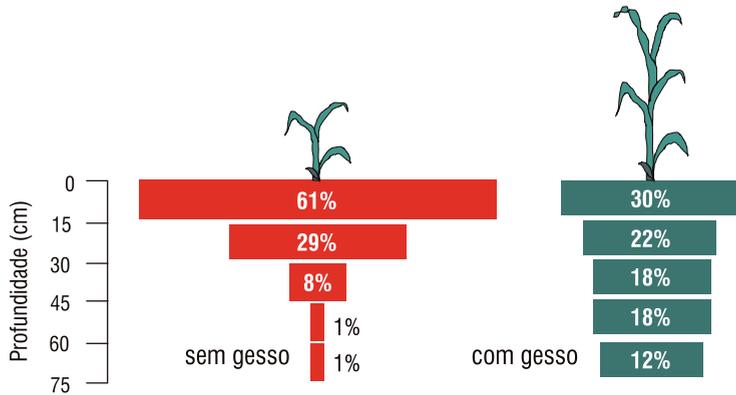


Figura 5. Distribuição relativa de raízes de milho no perfil de um latossolo argiloso, sem aplicação e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).

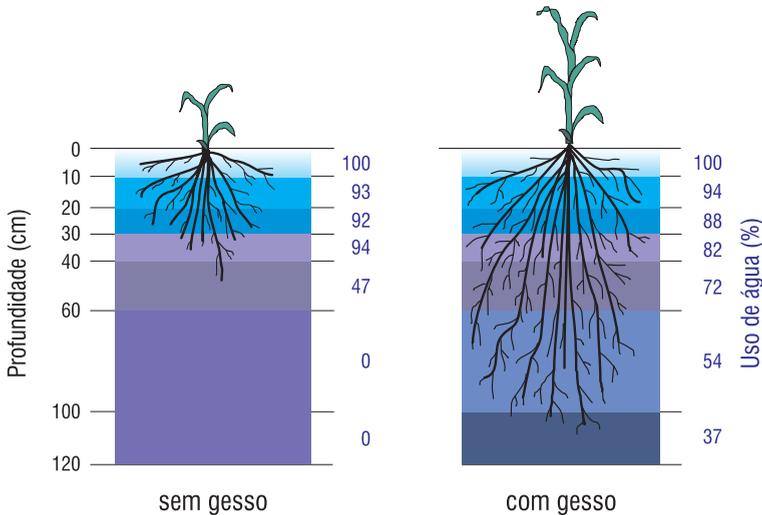


Figura 6. Utilização relativa da lâmina de água disponível no perfil de um latossolo argiloso, pela cultura do milho, após um veranico de 25 dias, por ocasião do lançamento de espigas, em parcelas sem aplicação e com aplicação de gesso.

Fonte: Sousa et al. (1995).

Além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência, desde o de maior mobilidade (nitrogênio, que é facilmente levado para o subsolo e pouco aproveitado pelas plantas se as raízes forem superficiais), como o de menor mobilidade (fósforo). Na Tabela 2, observa-se que, em média, houve aumento de 50% na absorção dos nutrientes devido ao uso do gesso na cultura do trigo.

Tabela 2. Nutrientes absorvidos (contidos na palha e grãos) pela cultura do trigo, submetida a veranico na época da floração, em função da aplicação de gesso agrícola ao solo.

| Gesso | N | P | K | Ca | Mg | S |
|-------|------------------|----|----|----|----|----|
| | ----- t/ha ----- | | | | | |
| Sem | 80 | 15 | 53 | 12 | 11 | 7 |
| Com | 120 | 22 | 80 | 16 | 16 | 12 |

Fonte: Sousa et al. (1992).

A utilização do gesso agrícola nos sistemas de agricultura irrigada e plantio direto tem apresentado resultados de magnitudes semelhantes aos obtidos com as culturas anuais apresentadas na Tabela 1.

Nas culturas perenes, tem-se observado aumento de produtividade para manga, laranja e, em especial, para o café. A cana-de-açúcar também tem demonstrado excelentes resultados com a aplicação do gesso agrícola.

Dados de experimento com o café são mostrados na Tabela 3. Nesse experimento, a resposta surgiu apenas a partir da quarta safra e foi atribuída à melhoria do perfil do solo, com a aplicação do gesso agrícola.

Tabela 3. Efeito do gesso agrícola na cultura do café cultivado em solo do Cerrado.

| Gesso | Produtividade de café em coco | |
|-------|-------------------------------|----------|
| | 4ª safra | 5ª safra |
| | ----- t/ha ----- | |
| Sem | 2,3 | 5,9 |
| Com | 4,9 | 7,7 |

Fonte: Sousa et al. (1995).

A leucena, leguminosa arbórea forrageira, tem apresentado resposta ao gesso agrícola, com aumentos de até 80% na produção de matéria seca.

Esses ganhos de produção nas culturas perenes têm sido atribuídos, também, ao uso mais eficiente dos nutrientes e da água no perfil do solo.

Para se detectar a necessidade de aplicação de gesso deve-se fazer uma amostragem do solo nas profundidades de 20 cm a 40 cm e de 40 cm a 60 cm para culturas anuais. Para culturas perenes, amostrar também a camada de 60 cm a 80 cm. Caso haja dificuldade na amostragem indicada, pode-se amostrar apenas a camada de 30 cm a 50 cm, perdendo-se com isso parte da informação. Ao encaminhar as amostras para análise, solicitar igualmente a determinação do teor de argila.

De posse dos resultados, se a saturação por alumínio for maior que 20% ou o teor de cálcio for menor que 0,5 cmol_c/dm³, há grande probabilidade de resposta ao gesso e ele deve ser aplicado ao solo.

Caso seja recomendada a aplicação do gesso, para se definir a quantidade a usar, é necessário conhecer o teor de argila do solo que deverá ter sido solicitado quando a amostra de solo foi enviada para análise. De posse desse valor, o cálculo pode ser feito utilizando-se as fórmulas abaixo:

Culturas anuais:

$$\text{D.G. (kg/ha)} = 50 \times \text{argila (\%)}$$

Culturas perenes:

$$\text{D.G. (kg/ha)} = 75 \times \text{argila (\%)}$$

D.G. = dose de gesso agrícola com 15% de enxofre.

O gesso agrícola deve ser aplicado a lanço depois da calagem ou imediatamente antes se esta for necessária. Caso haja dificuldade em incorporar o gesso ao solo, pode-se deixá-lo na superfície. Como a camada arável do solo recebeu calcário e fosfato, o gesso, ao se dissolver na água, infiltrará no solo, passando por essa camada e ficando retido nas camadas subsuperficiais até os 60 cm ou 80 cm, no caso de culturas anuais e perenes, respectivamente.

É possível também determinar a dose de gesso agrícola com base nos dados contidos na Tabela 4, se o agricultor souber a classificação textural do solo a ser utilizado.

Tabela 4. Recomendação de gesso agrícola (15% de S) em função da classificação textural do solo para culturas anuais e perenes.

| Textura do solo | Dose de gesso agrícola | |
|-----------------|------------------------|------------------|
| | Culturas anuais | Culturas perenes |
| | ----- kg/ha ----- | |
| Arenosa | 700 | 1050 |
| Média | 1200 | 1800 |
| Argilosa | 2200 | 3300 |
| Muito argilosa | 3200 | 4800 |

Fonte: Sousa et al. (1995).

As doses de gesso recomendadas por esses critérios apresentam efeito residual de, no mínimo, 5 anos, podendo estender-se por 15 anos, dependendo do solo. Não será necessário reaplicá-lo durante igual período.

Do ponto de vista econômico, a aplicação de gesso é, em geral, mais onerada pelos custos de transporte do material. Caso haja dúvida sobre as

vantagens do uso do gesso, é conveniente que o produtor faça um teste prévio em uma pequena área da sua lavoura, o que poderá auxiliá-lo na tomada da decisão.

Outro aspecto a ser considerado é que, com o uso do gesso como melhorador de subsuperfície, resolve-se também o problema do enxofre como nutriente, possibilitando a utilização de fórmulas concentradas na adubação de sementeira. Com a economia propiciada pelo transporte de menores quantidades da fórmula concentrada, parte ou todo o custo do gesso pode ser amortizado.

Considerações finais

A manutenção dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , na camada arável do solo, depende diretamente da geração de cargas negativas na superfície de minerais e constituintes orgânicos do solo. Como os solos do Cerrado são bastante intemperizados, sua fração argila é pobre em cargas e uma CTC adequada depende em essência da matéria orgânica do solo.

Em trabalho desenvolvido com 29 das amostras de solo do Cerrado do médio Araguaia, utilizadas por Sousa (1988), com teor médio de 48% (30% a 78%) de argila; de 2,04% (0,55% a 3,59%) de matéria orgânica; e de 8,29 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (4,88 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ a 13,18 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) de CTC, utilizando-se o método gráfico de Bennema (Bennema, 1966), observou-se que 88% (75% a 93%) da CTC provinha da matéria orgânica. Esses valores indicam a essencialidade da matéria orgânica nesses solos para que os cátions permaneçam na camada arável, região essa de grande importância para o desenvolvimento das plantas. Quanto maior a CTC do solo menores serão as perdas dos cátions por lixiviação, aumentando o efeito residual dos corretivos de acidez do solo.

Práticas que possibilitem a manutenção ou o aumento da matéria orgânica dos solos (integração agricultura e pecuária, preparo mínimo, plantio direto) favorecem também o aumento da eficiência dos corretivos de acidez utilizados no solo.

Referências

BENNEMA, J. Calculation of CEC for grams clay (CEC) with correction for organic carbon. In: FAO. **Report to the government of Brazil on classification of Brazilian soil**. Rome, 1966. p. 27-36 (FAO. EPTA. Report n. 2197).

COCHRANE, T. T.; AZEVEDO, L. G. As savanas do trópico sul-americano: uma visão geral dos seus recursos de clima e solo para desenvolvimento agrotecnológico baseado no inventário computadorizado de sistema de terra do CIAT/EMBRAPA. In: SIMPÓSIO sobre o cerrado, 6. 1982. Brasília. **Savanas: alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 773-801.

MIRANDA, L. N. de. Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modo de aplicação de calcário em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 75-82. 1993.

SOUSA, D. M. G de; SCOLARI, D. D. G. **Correção de acidez em solos da região dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. 6 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 49).

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos Cerrados. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 193-198. 1989.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba. [**Anais**]. São Paulo: IBRAFOS, 1992. p. 277-306.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina. EMBRAPA-CPAC, 1995. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G. de. **Fertilidade do solo e suas relações com as produtividades das culturas de soja e milho nos Cerrados do médio Araguaia**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; Água Boa: COOPERCANA, 1988. 70 p. (COOPERCANA. Boletim Técnico, 2).

Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes

Milton A.T. Vargas

Iêda de Carvalho Mendes

Arminda M. de Carvalho

Marília Lobo-Burle

Mariangela Hungria

Introdução

O nitrogênio está incluído entre os nutrientes que mais limitam a agricultura no Cerrado. Esse elemento, apesar de presente no solo, na forma de matéria orgânica ou mineralizado, tem seu suprimento limitado, podendo ser esgotado, rapidamente, por alguns cultivos. Além disso, as condições de temperatura e de umidade predominantes no Cerrado aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica e de perdas de N, resultando em solos com teores baixos desse nutriente. O uso de adubos nitrogenados nem sempre é economicamente viável, devido ao seu custo elevado e baixo índice de aproveitamento (cerca da metade do adubo nitrogenado aplicado ao solo é imobilizado na matéria orgânica e perdido na forma gasosa ou pela água das chuvas, através de processos conhecidos como desnitrificação, volatilização e lixiviação). Dessa forma, o melhor aproveitamento do processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) constitui uma das opções mais viáveis para se reduzir o custo de produção e o risco de poluição ambiental provocada pelos adubos nitrogenados. Esse processo é realizado pela associação estreita, também chamada de simbiose, entre diversas leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, denominadas popularmente de rizóbio.

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é considerada como o mais notável exemplo prático de utilização de fixação de N₂, sendo cultivada em mais de

cinco milhões de hectares do Cerrado, sem o uso de adubos nitrogenados. Outras culturas, como o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), ervilha (*Pisum sativum*) e leguminosas para adubação verde e cobertura do solo apresentam grande potencial de fixação de N_2 , podendo contribuir, de maneira significativa, para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados em solos do Cerrado.

Na primeira parte deste capítulo, serão abordados os aspectos práticos relacionados à inoculação da soja e do feijoeiro e ao processo de inoculação. Para informações mais detalhadas sobre o processo de fixação nessas duas culturas, o leitor poderá consultar os trabalhos de revisão apresentados por Vargas & Hungria, (1997) e Hungria et al., (1997 a,b). Na segunda, serão abordados alguns aspectos do uso de adubos verdes como fonte de nitrogênio na região do Cerrado.

Fixação biológica do nitrogênio (FBN)

O processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) consiste na conversão do N_2 atmosférico em NH_3 . Essa reação é catalisada pela enzima nitrogenase que é encontrada em todos os organismos fixadores de N_2 .

No caso da simbiose entre leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, a reação da FBN ocorre no interior dos nódulos onde a nitrogenase é protegida contra o excesso de oxigênio (O_2). Essa proteção é efetuada pela leghemoglobina que confere a coloração rósea aos nódulos. O processo é denominado de simbiose porque a planta hospedeira beneficia a bactéria pelo fornecimento de carboidratos, e a bactéria beneficia a planta através da produção de amônia.

Depois da conversão do N_2 atmosférico em NH_3 , essa é incorporada em compostos de carbono e transportada dos nódulos para a parte aérea das plantas onde é utilizada na síntese de proteínas e outros compostos nitrogenados essenciais ao metabolismo da planta.

A formação dos nódulos é iniciada a partir de um processo complexo de troca de sinais entre a leguminosa hospedeira e o rizóbio. Essa troca é

realizada pela liberação de compostos fenólicos (flavonoides) para o solo os quais atraem o rizóbio para a superfície da raiz. Esses processos foram abordados, com mais detalhes, por Hungria (1994) e Hungria et al. (1997b). A troca de sinais moleculares que ocorre entre a planta e a bactéria desencadeia uma série de processos que resultam na penetração do rizóbio específico na raiz da planta. Em algumas leguminosas, como a soja e o feijoeiro, as bactérias penetram através dos pelos radiculares. Em leguminosas arbóreas, a penetração ocorre através de rupturas nas raízes e, em plantas como o amendoim e o estilosantes, nos pontos de emergência das raízes laterais. Quando a penetração ocorre através do pelo radicular, um cordão de infecção é formado por onde as bactérias migram até a região do córtex da raiz. Por intermédio de uma série de processos de divisão, as células infectadas diferenciam-se, dando origem aos nódulos.

Resposta das leguminosas à inoculação

As leguminosas respondem de maneira diferenciada à inoculação nos solos do Cerrado. Sob esse aspecto, pode-se reuni-las em quatro grandes grupos:

1. Eficientes com as estirpes nativas. Geralmente, não respondem à inoculação e apresentam boa nodulação e eficiência em fixar N_2 , mesmo em solos de primeiro cultivo. Como exemplo, citam-se as espécies dos gêneros estilosantes (*Stylosanthes* spp.), zórnia (*Zornia* spp.), caupi (*Vigna unguiculata*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), lab-lab (*Dolichos lab lab*), soja perene (*Neonotonia wightii*) e kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*).
2. Eficientes com as estirpes nativas, mas pouco noduladas em solos de primeiro cultivo. Geralmente, respondem bem à inoculação no cultivo em solos virgens. Encontram-se, nesse grupo, espécies de mucuna (*Mucuna* spp.), crotalária (*Crotalaria* spp.), tremoço (*Lupinus* spp.), amendoim comum (*Arachis hypogaea*), amendoim forrageiro (*A. pintoi*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), guandu (*Cajanus cajan*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) e desmódio (*Desmodium* spp.).

3. Geralmente, não nodulam com as estirpes nativas, sendo necessária sua inoculação. Soja (*Glycine max*), ervilha (*Pisum sativum*), lentilha (*Lens esculenta*), centrosema (*Centrosema* spp.), leucena (*Leucaena* spp.), guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), alfafa (*Medicago sativa*) e grão-de-bico (*Cicer arietinum*) são exemplos desse grupo.
4. Nodulam com as estirpes nativas, mas os nódulos são de baixa eficiência. A inoculação é sempre recomendada, mas sua resposta nem sempre é satisfatória, provavelmente devido à formação de nódulos com estirpes ineficientes, nativas no solo. É o caso do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*).

Esses grupos foram organizados tomando-se como base a especificidade hospedeira das principais cultivares e ecótipos de cada espécie, mas as exceções a essa classificação são bastante frequentes.

Inoculação da soja

Atualmente, estima-se que, nos 5 milhões de hectares cultivados com soja na região do Cerrado, o uso da inoculação com bactérias fixadoras de N_2 promova uma economia anual de 1 milhão de toneladas de N, devido à não utilização de adubos nitrogenados, isso sem mencionar os benefícios proporcionados pela ausência de risco de poluição do ambiente. Entretanto, quando da introdução da cultura da soja na região do Cerrado, na década de 1970, vários problemas contribuíram para que esse processo não fosse bem-sucedido, ao contrário do que ocorria na região Sul do País. Os solos sob vegetação de Cerrado não apresentam populações de rizóbios nativos capazes de nodular a soja (Vargas & Suhel, 1980a, b) e, devido à baixa eficiência da inoculação, era comum o uso de adubos nitrogenados para seu cultivo.

Dentre os principais fatores que contribuíram para o insucesso da inoculação da soja, quando da sua introdução na região do Cerrado, destaca-se a utilização, no inoculante, de estirpes que apresentavam problemas de especificidade hospedeira com a cultivar de soja mais utilizada

naquela época, a IAC-2 (Peres & Vidor, 1980; Vargas & Suhet, 1980a). Com base em uma série de trabalhos realizados pela Embrapa Cerrados e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1980, foram selecionadas e lançadas, para utilização no inoculante comercial, as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* 29w (SEMIA 5019) e SEMIA 587 (Peres, 1979; Peres & Vidor, 1980). Além da boa eficiência fixadora e da alta capacidade competitiva, as estirpes 29w e 587 apresentavam baixa especificidade hospedeira, sendo capazes de formar nódulos com a maioria das cultivares de soja recomendadas. O lançamento dessas estirpes permitiu o cultivo da soja no Cerrado, sem a necessidade do uso de adubos nitrogenados. Além da utilização de inoculantes contendo as estirpes 29w e 587, também foram identificados vários fatores, relacionados ao processo de inoculação que aumentavam seu índice de sucesso (Peres et al., 1986). Dentre esses fatores, destacam-se o uso de doses elevadas de inoculante (Vargas & Suhet, 1980a) e da sacarose (açúcar cristal) no preparo da pasta do inoculante (Vargas & Suhet, 1980 a, b). Além de proporcionar melhor aderência do inoculante às sementes, o uso da sacarose permite aumento no período de armazenamento das sementes de soja inoculadas, dando maior flexibilidade ao agricultor na hora do plantio.

Em virtude do lançamento de novas variedades de soja de alta capacidade produtiva, um dos principais objetivos dos programas de pesquisa em FBN, na região do Cerrado, tem sido a seleção de estirpes com elevados níveis de eficiência fixadora, capazes de aumentar o teto de produtividade da cultura através da fixação de quantidades mais elevadas de N_2 . Como resultado desses estudos em 1992, foram lançadas duas novas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, denominadas CPAC 7 (SEMIA 5080) e CPAC 15 (SEMIA 5079) (Vargas et al., 1992, Peres et al., 1993). As novas estirpes foram mais eficientes que a 29w e a 587 tanto em áreas de primeiro cultivo quanto em áreas antigas com populações estabelecidas de rizóbio, proporcionando, em 18 experimentos realizados, ganhos médios de 3,4 sacos/ha, em relação às estirpes 29w e 587 (Tabela 1).

Tabela 1. Ganhos no rendimento de grãos de soja inoculada com as estirpes CPAC 7 (SEMIA 5080) e CPAC 15 (SEMIA 5079) isoladas pela Embrapa Cerrados.

| Experimentos ⁽¹⁾ | Médias de produtividade | | |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|--------|
| | 29w + 587 | CPAC 7 + CPAC 15 | Ganhos |
| | ----- kg/ha ----- | | |
| Solos de 1º cultivo | 2005 | 2286 | 281 |
| Solos cultivados | 2951 | 3034 | 83 |
| Médias | 2372 | 2577 | 205 |

⁽¹⁾ Dados médios de um total de 18 experimentos, sendo onze em solos de Cerrado de primeiro cultivo com soja e sete em solos de Cerrado onde a soja foi inoculada em anos anteriores, isto é, solos com população estabelecida.

A inoculação em solos de primeiro cultivo é obrigatória. Entretanto, a inoculação dessa leguminosa por vários anos consecutivos promove o estabelecimento, no solo, de populações de rizóbio. Nas áreas com populações estabelecidas, a resposta à reinoculação não é tão acentuada como nas áreas de primeiro cultivo. O principal fator responsável por isso é a competição entre as estirpes do solo e aquelas usadas no inoculante pelos sítios de infecção nodular nas raízes, ou seja, pelos locais nas raízes onde serão formados os nódulos. Esse fenômeno ocorre em âmbito mundial e representa o grande desafio para a pesquisa em rizobiologia (Dowling & Broughton, 1986; Vargas, et al., 1993; Brockwell et al., 1995). Uma discussão aprofundada sobre esse assunto, com ênfase na região do Cerrado pode ser encontrada em Vargas & Hungria (1997). No Cerrado, vários experimentos têm evidenciado aumentos de produtividade da soja com a reinoculação. Embora esses ganhos sejam modestos, dificultando a obtenção de diferenças estatisticamente significativas, eles têm sido observados consistentemente. Em dezesseis experimentos conduzidos em solos com população estabelecida no campo experimental da Embrapa Cerrados foram observados, em relação ao tratamento sem inoculação, ganhos de produtividade em 60% dos experimentos, com incrementos de até 636 kg/ha no rendimento de grãos (Vargas & Hungria, 1997). Resultados de alguns desses experimentos são apresentados na Tabela 2. Em trabalhos semelhantes, conduzidos no Sul do País, Hungria et al. (1997a) obtiveram

incrementos no rendimento de grãos, com a reinoculação, variando de 3,2% a 14,5%, com ganhos médios de 4,5%.

Tabela 2. Resposta da soja à reinoculação em solos de Cerrado, com duas combinações de estirpes comerciais em seis colheitas¹.

| Tratamentos | Produtividade de grãos | | | | | |
|----------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------|---------|---------|
| | 93/94 | 96/97 | 97/98 | 98/99 | 99/00 | 00/01 |
| | ----- kg/ha ----- | | | | | |
| Sem Inoculação | 2661 b | 2130 b | 2483 | 4207 | 4647 | 4102 |
| 200 kg/ha de N | 3657 a | 2818 a | 2660 | 4192 | 4691 | 4326 |
| 29W + 587 ⁽²⁾ | 2822 a | 2058 b | 2875 | 4102 | 4583 | 4363 |
| 5080 + 5079 ⁽²⁾ | 2888 a | 2218 ab | 3119 | 4193 | 4524 | 4447 |
| CV(%) | 11 | 17 | 13 (ns) ⁽³⁾ | 7 (ns) | 4,5(ns) | 6,0(ns) |

⁽¹⁾ Nos experimentos de 1993 a 1997 foi utilizada a cultivar de soja Doko RC e nos experimentos de 1998 a 2000 foi utilizada a cultivar Celeste.

⁽²⁾ A inoculação foi realizada com 1 kg de inoculante (população de células variando de 3 a 8 x 10⁸ por grama) por 50 kg de sementes.

⁽³⁾ ns = a diferença não foi estatisticamente significativa.

Um aspecto importante relacionado à reinoculação da soja, em áreas antigas, é a necessidade do uso de doses elevadas de inoculante para a obtenção de respostas. Em experimento conduzido na Embrapa Cerrados, por exemplo, houve resposta significativa à reinoculação no tratamento onde foi utilizada a dose de 1 kg do inoculante para cada 50 kg de sementes, comparativamente ao tratamento onde se utilizaram 200 g de inoculante para 50 kg de sementes. Além do aumento no rendimento de grãos, também houve aumento expressivo na ocorrência nos nódulos dos serogrupos das estirpes utilizadas no inoculante [serogrupos SEMIA 566 e SEMIA 586 (=CB 1809)], e a ocorrência nos nódulos do serogrupo CB1809, ao qual pertence a estirpe CPAC 7, praticamente triplicou no tratamento onde se utilizou a dose mais elevada do inoculante (dados não apresentados). Contudo, com inoculantes de melhor qualidade, isto é, que apresentam maior número de células de rizóbio e ausência de contaminantes, doses inferiores a 1 kg/50 kg de sementes garantem o sucesso da reinoculação (Hungria et al., 1997a).

Além de doses elevadas do inoculante, as cultivares de soja também são outro fator que interfere na resposta à reinoculação. Isso é ilustrado na Tabela 3 onde se observa que a resposta da cultivar Cristalina à reinoculação foi mais acentuada que a da Doko.

Tabela 3. Efeito da reinoculação no rendimento de grãos de duas cultivares de soja.

| Tratamento | Doko ⁽¹⁾ | | Cristalina ⁽¹⁾ | |
|------------|----------------------|--------|---------------------------|--------|
| | Média ⁽²⁾ | Ganhos | Média ⁽²⁾ | Ganhos |
| | ----- kg/ha ----- | | | |
| Testemunha | 2718 | - | 2912 | - |
| 29w + 587 | 2734 | 16 | 3229 | 317 |
| CPAC 7 | 2818 | 100 | 3158 | 246 |
| CPAC 15 | 2901 | 183 | 3308 | 396 |

¹ Sementes inoculadas com 1 kg de inoculante turfoso por 50 kg de sementes.

² Médias de dois experimentos.

Outra variável que afeta a resposta da soja à reinoculação é a composição sorológica das estirpes estabelecidas no solo, principalmente, a presença do serogrupo 566. Dados da Embrapa Cerrados (15 experimentos de campo), correlacionando a ocorrência nos nódulos da estirpe CPAC 7 inoculada com a ocorrência do serogrupo 566 nos nódulos de soja não inoculada, evidenciaram que houve correlação negativa entre essas duas variáveis, indicando que a alta ocorrência do serogrupo 566 no solo interfere, de forma acentuada, na formação de nódulos pelas estirpes presentes no inoculante (Mendes et al., 1994; Vargas et al., 1994; Vargas & Hungria, 1997; Mendes et al., 2000b).

Embora desde o lançamento das estirpes 29w e 587 em 1979, não seja necessária a utilização de adubação nitrogenada na soja, alguns agricultores e técnicos ainda utilizam doses de arranque de N, logo no início da cultura. Diversos resultados de pesquisa indicam, porém, que a soja bem nodulada não responde à aplicação de doses de adubos nitrogenados, em diferentes estádios do crescimento (Hungria et al., 1997d). Na Tabela 4, observa-se que a

adubação com até 30 kg/ha de N, no sulco de plantio, não proporcionou aumentos significativos no rendimento da soja inoculada tanto em um solo de primeiro cultivo quanto em uma área antiga, contendo populações estabelecidas de rizóbio. Mais recentemente, com a expansão do plantio direto (PD), novamente surgiram dúvidas, por parte de alguns agricultores, sobre a eficiência do processo de inoculação e sobre a necessidade, ou não, da utilização de doses de “arranque” de adubo nitrogenado na semeadura, visando superar possíveis problemas relacionados à imobilização do N e à competição inicial com ervas-daninhas. Conforme os dados de Mendes et al. (2000a) apresentados na Tabela 5, também nas áreas com PD não é necessária a utilização de doses iniciais de N na semeadura da soja. Ainda nessa tabela verifica-se que a utilização de adubo nitrogenado promove reduções no número de nódulos aos 15 dias após a germinação. Em áreas de primeiro cultivo, onde não existem populações de rizóbio no solo, esse retardamento inicial da nodulação promovido pelo uso de pequenas doses de N na semeadura pode ter consequências mais sérias, acarretando, inclusive, prejuízos na produtividade da lavoura. O uso de adubos nitrogenados no plantio só é justificado se a fórmula contendo N for mais barata ou com o mesmo preço que a fórmula sem N. Mesmo assim, é importante que a dose aplicada no sulco não exceda 20 kg/ha de N, pois o excesso de N inibe a nodulação.

Tabela 4. Efeito da complementação da inoculação com doses iniciais de adubo nitrogenado no rendimento de grãos da soja em dois locais.

| Dose de N | Planaltina ⁽¹⁾ | Londrina ⁽²⁾ |
|-----------|---------------------------|-------------------------|
| | ----- kg/ha ----- | |
| 0 | 1921 | 2252 |
| 10 | 1963 | 2180 |
| 20 | 2039 | 2175 |
| 30 | 2023 | 2172 |

⁽¹⁾ Fonte: Vargas et al. (1982). Cultivar Doko semeada em área de primeiro cultivo.

⁽²⁾ Fonte: Hungria et al. (1997d). Cultivar Bragg semeada em solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium*.

Tabela 5. Número e massa de nódulos secos por planta e produtividade da soja, cultivada em plantio direto, com aplicação de adubo nitrogenado na semeadura.

| Doses de N ⁽¹⁾ kg/ha | Nódulos | | | Grãos kg/ha |
|------------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| | Nº aos 15 dias | Nº na floração | Massa na floração mg | |
| Ano agrícola 1998/1999 | | | | |
| 0 | 24a | 92 | 343 | 3728 |
| 20 | 17b | 77 | 306 | 3730 |
| 30 | 12b | 90 | 341 | 3759 |
| 40 | 13b | 75 | 294 | 3805 |
| CV (%) | 24 | 35(n.s) ⁽²⁾ | 26(n.s.) | 9(n.s.) |
| Ano agrícola 1999/2000 | | | | |
| 0 | 58a | 118 | 359 | 3224 |
| 20 | 47b | 95 | 289 | 3320 |
| 30 | 47b | 129 | 373 | 3305 |
| 40 | 40b | 96 | 274 | 3337 |
| CV (%) | 13 | 22(n.s.) | 16(n.s.) | 6(n.s.) |

⁽¹⁾ Todos os tratamentos foram inoculados com as estirpes CPAC-7+CPAC-15 na proporção de 1 kg de inoculante por 50 kg de sementes.

⁽²⁾ n.s. = as diferenças não foram estatisticamente significativas.

Fonte: Mendes et al. (2000a).

Inoculação do feijão, da ervilha e da lentilha

O processo de FBN no feijoeiro difere, em alguns aspectos, daquele observado na soja. Sendo o feijoeiro uma planta originária das Américas encontram-se nos solos de Cerrado estirpes nativas de rizóbio capazes de nodulá-lo. A presença dessas estirpes no solo é um dos fatores que limitam o sucesso da inoculação do feijoeiro, principalmente porque, em determinadas áreas, além de presentes em quantidades elevadas (10^3 células/g de solo), as populações nativas apresentam baixa eficiência fixadora e competem pelos sítios de infecção nodular nas raízes com as estirpes introduzidas por meio da inoculação.

Outro fator limitante diz respeito a características genéticas da bactéria fixadora de N_2 no feijoeiro que podem levá-la a perder a capacidade de fixar N_2 ou, até mesmo, de nodular.

Fatores relacionados à planta hospedeira também interferem no processo de FBN. Dentre esses, destacam-se o ciclo curto da cultura (Barradas et al., 1989), a senescência precoce dos nódulos (Hungria & Franco, 1988) e, principalmente, a grande variabilidade genética que existe entre as cultivares de feijoeiro em relação ao potencial de FBN (Graham & Hallyday, 1977; Graham & Rosas, 1977; Duque et al., 1985; Peres et al., 1994). Fatores relacionados a estresses ambientais, principalmente, o déficit hídrico e bióticos, como o ataque de pragas, também afetam o processo de FBN no feijoeiro. A combinação de todos esses fatores resulta no fato de que, no feijoeiro, diferentemente da soja, a inoculação com bactérias fixadoras de N_2 nem sempre é suficiente para fornecer todo o N exigido pela cultura.

Apesar de todas as restrições, vários resultados recentes indicam que o feijoeiro pode beneficiar-se consideravelmente do processo biológico, sobretudo, porque os inoculantes incluem estirpes mais eficientes do que as existentes nos solos brasileiros. Assim, estima-se que a fixação contribua, em média, com cerca de 50 kg/ha de N para a cultura do feijoeiro (Hungria et al., 1997b). No Cerrado, a potencialidade do processo biológico ficou evidenciada em um experimento conduzido em solo de várzea recuperada, após a drenagem, sem população nativa de rizóbio, em que a inoculação permitiu incrementos de até 1.776 kg/ha, em relação à testemunha não inoculada e de 535 kg/ha, em relação ao tratamento com fertilizante nitrogenado (Mendes et al., 1994). Apesar desses resultados altamente promissores, Peres et al. (1994) verificaram que, no sistema de sequeiro, a resposta à inoculação em latossolos de Cerrado não atingia as mesmas proporções, e os ganhos, apesar de mais modestos (em média de 63 kg/ha a 290 kg/ha), variavam conforme as cultivares.

Quando o feijoeiro é cultivado com irrigação, e todo o investimento tecnológico é feito para maximizar o teto de produtividade da cultura, o uso da inoculação não garante todo o N necessário para que esses tetos sejam

atingidos, sendo necessária a suplementação com adubação nitrogenada. Mesmo assim, tanto no processo experimental quanto na fazenda, tem sido observado, consistentemente, que os níveis de produtividade dos tratamentos inoculados e suplementados com N (doses de até 80 kg/ha de N) são superiores aos níveis de produtividade dos tratamentos em que somente se utiliza da adubação nitrogenada (Vargas et al., 1999). Por essa razão, nos cultivos irrigados, além da inoculação, recomenda-se a adubação com doses de até 60 kg/ha de N, aplicados parceladamente entre os 15 e 35 dias após a germinação. O rendimento de grãos do feijoeiro inoculado e adubado com N é maior que o do feijoeiro apenas com adubação nitrogenada.

No caso do cultivo da ervilha e da lentilha no Cerrado, a inoculação com estirpes eficientes substitui totalmente a adubação nitrogenada como na soja (Vargas et al., 1994).

O inoculante

O inoculante é o produto que contém rizóbios, utilizado pelo agricultor para a inoculação das sementes. Para cada cultura, existe um inoculante específico. Deve-se dar preferência àqueles à base de turfa, um tipo de solo orgânico resultante da decomposição de restos vegetais e cujo pH é previamente corrigido para 6,5 a 7,0. A turfa ainda é considerada o melhor substrato para a fabricação de inoculantes, devido à proteção que confere às células do rizóbio. Essa proteção é importante contra os estresses hídrico e térmico, antagonismo microbiano e a toxicidade de defensivos agrícolas ou micronutrientes aplicados nas sementes.

Produtos como o óleo diesel, o óleo mineral e o querosene foram testados como veículos de inoculação, mas não foram eficientes (Peres et al., 1986).

Atualmente, diversas formas líquidas de inoculante têm despertado o interesse do agricultor, pois facilitam a operação de inoculação e diminuem o desgaste das máquinas. Alguns desses produtos apresentam a concentração de células adequada e esforços têm sido feitos para se verificar a eficiência desses produtos no campo, além da compatibilidade com fungicidas e

micronutrientes. Até que esses ensaios sejam concluídos, recomendam-se somente os inoculantes turfosos. Em breve, para manter ou obter o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), todos os inoculantes não turfosos deverão comprovar a eficiência agrônômica, isto é, apresentar nodulação e rendimento de grãos comparáveis aos obtidos do inoculante-padrão turfoso e estatisticamente superior ao da testemunha não inoculada.

A quantidade de células de rizóbio é muito importante para definir a qualidade do inoculante. Pela nova legislação, o número mínimo de células deve ser de 10^8 células viáveis por grama ou mililitro de inoculante no momento de utilização pelo agricultor. À primeira vista, pode parecer um número elevado, cem milhões de bactérias em apenas 1 g de inoculante. Abaixo desse número, porém, a probabilidade de sucesso é muito pequena, devido à presença, no solo, de populações de rizóbios nativas ou naturalizadas que vão competir com as bactérias inoculadas nas sementes. Em diversos estudos, comprovou-se que, para conseguir competir com a população de rizóbios estabelecida no solo, é necessária uma vantagem numérica de, pelo menos mil vezes. Como em alguns solos, principalmente, naqueles em que já foi cultivada a leguminosa que está sendo inoculada, as populações de rizóbio chegam a atingir cem mil bactérias por grama de solo, um inoculante com alta concentração de células de rizóbios é determinante para que ocorra a formação de nódulos com as estirpes inoculadas.

Esses fatores devem ser considerados quando se utilizam produtos vendidos em fórmulas concentradas, mesmo que esses produtos apresentem o número mínimo de células exigido por lei. Muitas vezes, se forem seguidas as instruções de uso do fabricante, com diluições de até 20 vezes, a quantidade de células aplicada às sementes pode ser insuficiente para uma inoculação satisfatória. Visando solucionar esse problema, aprovou-se a nova legislação que leva em conta o número mínimo de células a ser aplicado por semente que é de 160 mil células de rizóbio. Assim, cabe a cada fabricante definir a dose de inoculante a ser utilizada em função da qualidade dele. Quanto maior o número de células da bactéria, por semente, ao se

efetuar a inoculação e a semeadura, maior será a chance de resposta. Por isso, a pesquisa tem recomendado número superior ao do exigido por lei, 300 mil células de rizóbio por semente. Nos experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados, têm-se trabalhado com populações de cerca de um a dois milhões células por semente, o que corresponde a doses de 500 g e 1.000 g de inoculante por 50 kg de semente. Para tanto, a concentração de células no inoculante varia de 2 a 4×10^8 células/g. Em termos práticos, os inoculantes comerciais, encontrados no mercado, permitem aderência de no máximo, 500 g a 600 g/50 kg de sementes, usando solução açucarada como aderente. Doses superiores resultam, portanto, em acúmulo no fundo da semeadeira, dificultando o plantio. Por isso, a partir da safra de 1997/1998, a dose de inoculante turfoso recomendada passou a ser de 500 g/50 kg de sementes (Embrapa, 1998).

A atual legislação para comercialização e venda de inoculantes incluiu a obrigatoriedade de se oferecer inoculantes com turfa desinfestada, isenta de contaminantes detectáveis na diluição de 1:10⁵. Isso é muito importante porque a turfa é um veículo rico em matéria orgânica e, também, em diversos fungos, bactérias, actinomicetos e outros microrganismos que vão competir por nutrientes ou excretar substâncias que inibirão o crescimento do rizóbio. Já na turfa desinfestada, seja por autoclavagem ou raios gama, os inoculantes apresentam não só número mais elevado de células como também a manutenção dessas bactérias por tempo maior no inoculante.

Cuidados na aquisição do inoculante

1. Verificar o prazo de validade do inoculante que deve constar na embalagem.
2. Certificar-se de que o produto estava sendo conservado em condições adequadas de temperatura e umidade. Após a aquisição, conservar o inoculante em local arejado e protegido do sol, até o momento de sua utilização, uma vez que o inoculante contém bactérias sensíveis ao calor.
3. Verificar se o produto apresenta o número de registro do Mapa evitando, assim, a aquisição de material com estirpes não recomendadas pela pesquisa.

4. Conferir se o inoculante foi produzido com turfa desinfestada.
5. O veículo (turfa) deve conter alto teor de matéria orgânica, textura fina, baixo teor de argila e ser isento de areia e partículas grosseiras. Essas características podem ser avaliadas tomando-se uma amostra do inoculante, adicionando-se água e pressionando-se essa mistura entre o indicador e o polegar. O ideal é que, após a adição de água, o produto seja suave ao tato. Inoculantes ásperos ou pegajosos indicam excesso de areia ou argila, respectivamente.
6. Em caso de dúvida sobre a qualidade ou procedência do inoculante, acionar o fiscal do Mapa responsável pela sua área, para retirar amostras do local de venda e enviá-las para análise em laboratórios credenciados.

Inoculação das sementes

A operação de inoculação deve ser feita à sombra, nas horas mais frescas (pela manhã ou à noite). Recomenda-se o uso de 500 g de inoculante para 50 kg de sementes grandes (soja, amendoim, feijão), 30 kg de sementes médias (lentilha, leucena) ou 20 kg de sementes pequenas (desmódio) independentemente de a área já ter sido inoculada anteriormente ou não. Para a ervilha, devido à elevada população de plantas por hectare, a recomendação é de 400 g de inoculante para 40 kg de sementes (Peres et al., 1989).

Inoculação sem o uso de defensivos

1. Dissolver de 100 g a 150 g de açúcar cristal (cinco a sete colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica a 20% ou uma celulose substituída a 5%. O uso do açúcar é fundamental para aumentar a aderência do inoculante às sementes.
2. Adicionar a solução açucarada ao inoculante nas dosagens recomendadas acima até que se forme uma pasta homogênea. Misturar no tambor rotativo (Figura 1), dando várias voltas na manivela. Outra opção é umedecer as

sementes com a solução açucarada (não deve sobrar solução no fundo do vasilhame) e adicionar o inoculante. O processo é considerado bom quando todas as sementes estiverem cobertas por uma camada uniforme de inoculante. A presença de sementes com camadas espessas de inoculante e de sementes sem inoculante indica a necessidade de aumentar a solução açucarada.

3. Espalhar as sementes inoculadas em camadas de 10 cm a 30 cm sobre uma superfície seca, à sombra. Deixar secar e guardar em ambiente arejado e à sombra até o momento da semeadura
4. Semear em, no máximo, 48 horas. Caso isso não seja possível, repetir a inoculação no dia do plantio.

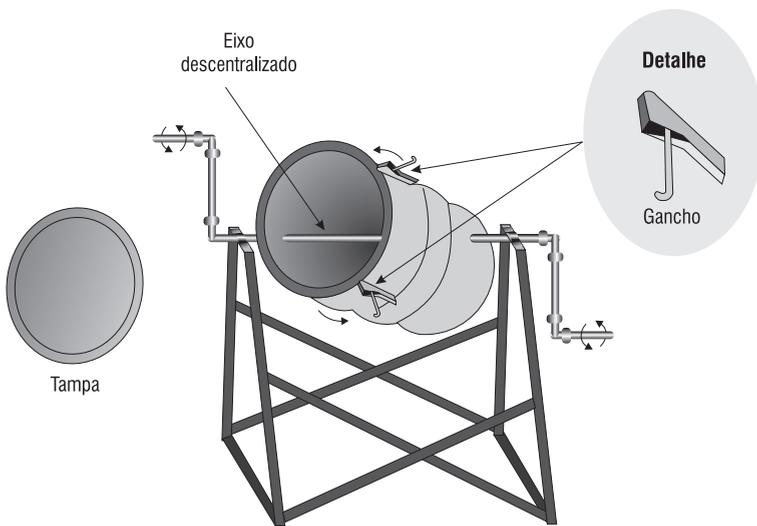


Figura 1. Tambor rotativo de eixo descentralizado.

Inoculação com o tratamento das sementes

1. Adicionar solução açucarada, na concentração de 10% a 15%, às sementes. Misturar no tambor rotativo.

2. Adicionar o defensivo agrícola na dose recomendada e misturar no tambor até que o defensivo cubra uniformemente todas as sementes.
3. Adicionar o inoculante e misturar no tambor. Se houver necessidade, pode-se utilizar um volume adicional de solução açucarada para promover uma distribuição uniforme e homogênea do inoculante.
4. Deixar secar à sombra.
5. Semear em, no máximo, 24 horas. Caso isso não seja possível, repetir a inoculação no dia do plantio.

Lembrar que os defensivos agrícolas são tóxicos para o rizóbio. Por isso, devem ser escolhidos os produtos de menor grau de toxicidade e o inoculante deve permanecer em contato com o defensivo pelo menor tempo possível. No caso de aplicação de micronutrientes via sementes, adicioná-los junto com os defensivos. O princípio ativo dos defensivos agrícolas e as doses de micronutrientes menos prejudiciais à FBN constam, sempre, do “Manual de recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil” de cada safra o qual deve ser consultado.

A inoculação diretamente na caixa da semeadeira não é aconselhável, pois resulta em pouca aderência e cobertura desuniforme das sementes.

Inoculação com a máquina de tratamento das sementes

Existem disponíveis, no mercado, máquinas simples, eficientes e baratas que realizam o tratamento de sementes e a inoculação (Figura 2). Nessas máquinas, os defensivos agrícolas são utilizados por via líquida, diminuindo o risco de intoxicação dos operadores. Outra vantagem é a de que o equipamento pode ser levado ao campo, uma vez que possui engate para a tomada de força do trator. A inoculação com a máquina de tratamento de sementes permite o rendimento de 60 a 70 sacas de soja por hora. A inoculação com essas máquinas segue as seguintes etapas:

1. Preparar a calda do defensivo com solução açucarada a 10% a 15 % e colocar no primeiro compartimento. Quando for necessário, adicionar os micronutrientes a esse compartimento.
2. No segundo compartimento, colocar o inoculante de turfa puro, sem adicionar água ou solução açucarada. Se, ao abrir a embalagem, a turfa estiver muito úmida, deixar secar um pouco ao ar.
3. Seguir as mesmas recomendações sobre armazenagem de sementes, como descrito anteriormente.

Durante o plantio, se o depósito de sementes na máquina de semeadura aquecer muito, deve-se interromper o plantio e resfriar a caixa, pois o calor pode matar as bactérias.



Foto: Mariângela Hungria

Figura 2. Máquina utilizada no tratamento de sementes.

Compatibilidade entre o inoculante, defensivos agrícolas e micronutrientes

Alguns defensivos agrícolas podem matar as células de rizóbios do inoculante. Esse efeito é variável, dependendo da planta, da estirpe utilizada e

do defensivo. De maneira geral, fungicidas à base de metais pesados, como o mercúrio, zinco, cobre e chumbo, a maioria dos inseticidas organoclorados e alguns organofosfatados prejudicam a nodulação (Vargas & Hungria, 1997). Os herbicidas e os defensivos contra nematoides são menos tóxicos (De Polli et al., 1986; Cattelan & Hungria, 1994). Entre os defensivos mais utilizados no Cerrado, o carbofuran e o captan têm-se mostrado bastante tóxicos ao rizóbio em geral e o benomil apresenta alguma toxicidade ao rizóbio do feijoeiro. Da mesma forma, a aplicação de formas salinas ou formulações inadequadas de micronutrientes, nas sementes, pode afetar drasticamente a sobrevivência do rizóbio, a nodulação e a eficiência da fixação do N_2 .

De acordo com Hungria et al., (2001), tendo em vista a dificuldade de compatibilizar a inoculação com o tratamento das sementes com micronutrientes e fungicidas, o mais importante é avaliar cada situação. No caso da soja, a utilização de sementes com alta qualidade fisiológica e fitossanitária merece destaque. Se as sementes forem de boa qualidade, as condições de umidade do solo forem favoráveis e em áreas sem histórico de doenças, particularmente em solos de primeiro cultivo, deve-se procurar evitar o uso de fungicidas (Campo & Hungria, 2000). Caso seja necessário usar fungicidas, tanto em áreas de primeiro cultivo quanto em áreas com população estabelecida, deve-se dar preferência às combinações menos tóxicas, conforme recomendação de Campo & Hungria (2000): carboxin + thiram, carbendazin + captan, difenoconazole + thiram, thiabendazole + tolylfluanid ou carbendazin + thiram. Alternativamente, caso haja conhecimento do principal patógeno que está ocorrendo na área ou semente, o fungicida poderá ser escolhido em função da eficiência de cada produto em relação àquele patógeno. Quando for necessário adicionar micronutrientes e fungicidas nas sementes, aplicar, parcial ou totalmente, o molibdênio e o cobalto via foliar, aos 20 a 30 dias após a emergência das plântulas, até o florescimento. E, em ambos os casos, lembrar que a boa nodulação resulta de um grande número de células viáveis. Assim, na presença de fungicidas e micronutrientes, colocar o maior número possível de células nas sementes aumentando a dosagem dos inoculantes.

Inoculação em plantio direto

Dos resultados de experimentação obtidos até o presente momento, pode-se concluir que o plantio direto, quando comparado ao convencional, favorece diversos microrganismos benéficos à agricultura, incluindo as bactérias que fixam N_2 (Hungria et al., 1997c). Isso ocorre porque, nesse sistema, os menores estresses hídricos e térmicos favorecem a sobrevivência dos microrganismos e o processo de FBN. Assim, na soja como no feijoeiro, existem resultados indicando que o plantio direto permite maior nodulação, maiores taxas de fixação do nitrogênio e de produtividade, quando comparadas às do sistema convencional (Hungria et al., 1997c). Contudo, para maximizar o processo biológico, a reinoculação anual também é recomendada para culturas em plantio direto. Conforme mencionado anteriormente, às vezes, citam-se que, no plantio direto, ocorre grande imobilização do N pela palhada, o que justificaria uma aplicação inicial de fertilizante nitrogenado. Contudo, mesmo com a aplicação de 26 t/ha de massa seca, a soja não respondeu à aplicação de doses de até 30 kg/ha de N não justificando, portanto, a adubação nitrogenada da soja em plantio direto (Vargas et al., 1982; Vargas & Hungria, 1997; Mendes et al., 2000a).

Como avaliar a nodulação

Na soja, o aparecimento de nódulos ocorre, geralmente, do quinto ao oitavo dia após a emergência e, aos doze dias, uma nodulação de quatro a oito nódulos por planta pode ser considerada satisfatória. No início da floração, uma boa nodulação seria de 15 a 30 nódulos ou 100 mg a 200 mg de nódulos secos por planta. Nódulos com 2 mm a 3 mm distribuídos na coroa da raiz e com interior róseo são indícios de nodulação precoce e inoculação bem-sucedida, enquanto a nodulação predominante nas raízes secundárias indica a formação tardia de nódulos, podendo ser indício de condições ambientais adversas ou problemas na inoculação, se estiver associada com plantas raquíticas e cloróticas (amareladas). No feijoeiro, a formação de nódulos ocorre de maneira similar, porém, a nodulação nas raízes secundárias tende a ser mais abundante.

A ausência de nódulos nem sempre é indício de problemas com a inoculação. Quando as plantas estão verdes e bem desenvolvidas, a ausência de nódulos indica boa disponibilidade e absorção de nitrogênio mineral do solo. Nesse caso, deverão ser obtidas boas produtividades com o aproveitamento do N do solo pelas plantas, não havendo nenhum prejuízo provocado pela má nodulação.

Adubos verdes como fonte de nitrogênio

A adubação verde com leguminosas, usada em sistemas com incorporação ou em plantio direto, pode suprir grandes quantidades de N para a cultura comercial sucessiva, principalmente pela FBN, resultando em aumentos significativos na sua produção. Além do fornecimento de N, a prática de adubação verde traz inúmeras vantagens, como: proteção do solo contra a erosão hídrica e eólica e contra a incidência de radiação solar intensa; redução ou eliminação de camadas compactadas; aumento da matéria orgânica nos sistemas agrícolas; solubilização e reciclagem de nutrientes; controle de plantas daninhas, de nematoides e de pragas e doenças, entre outros. Vale ressaltar a importância do uso de leguminosas em rotação com gramíneas, particularmente para garantir maior eficiência ao sistema de plantio direto que vem-se expandindo na região do Cerrado tanto como prática conservacionista quanto econômica. Outra vantagem dessa rotação é reduzir ou evitar a imobilização de N.

As várias alternativas de uso dos adubos verdes, principalmente em relação à época de semeadura, apresentam potencial diferenciado para o fornecimento de N ao solo e, conseqüentemente, à cultura comercial. Por sua vez, é interessante que não se comprometa o cultivo da cultura considerada econômica, mesmo que para isso a produção de biomassa e o fornecimento de N pelas leguminosas sejam reduzidos. Como cada espécie possui exigências próprias, principalmente em relação à água e ao fotoperíodo, torna-se necessário considerar essas características para adequá-las aos diferentes sistemas.

Épocas de semeadura de adubos verdes

No período chuvoso

Os adubos verdes, semeados no período chuvoso, acumulam maior quantidade de biomassa e de nitrogênio na parte aérea devido à maior disponibilidade de água. Conseqüentemente, apresentam potencial mais elevado para fornecer esse nutriente à cultura que será cultivada em seqüência, reduzindo ou até eliminando a necessidade da aplicação do N via fertilizantes. Observou-se, para adubos verdes cultivados em um solo do Cerrado, que mais de 70% do N acumulado foi proveniente da fixação biológica (Carsky, 1989) e que algumas leguminosas, quando cultivadas com plena disponibilidade de água, produzem quantidades elevadas de biomassa (12,4 t/ha de matéria seca) e acumulam até 300 kg/ha de N na sua parte aérea (Tabela 6). Esses dados confirmam o potencial de fornecimento de N ao solo por leguminosas cultivadas no período chuvoso na região do Cerrado. A limitação para a época é que não se pode cultivar a cultura considerada como econômica no período mais adequado, a menos que as leguminosas sejam cultivadas em associação com a cultura comercial (em consórcio ou intercaladas), ou que a precedam.

Tabela 6. Produção de massa seca, nitrogênio total absorvido do solo e nitrogênio resultante da fixação biológica de diferentes leguminosas, semeadas em dezembro em Planaltina, DF.

| Espécie | Massa seca | N total ⁽¹⁾ | N da fixação biológica |
|-----------------------|------------|------------------------|------------------------|
| | t/ha | ----- kg/ha ----- | |
| Feijão-bravo-do-ceará | 7,56 | 228 | 173 |
| Guandu | 8,73 | 229 | 168 |
| Feijão-de-porco | 7,73 | 231 | 181 |
| Calopogônio | 5,57 | 142 | 81 |
| Crotalária striata | 12,45 | 306 | 235 |
| Mucuna-preta | 5,72 | 152 | 100 |
| Kudzu tropical | 5,10 | 116 | 60 |

⁽¹⁾ Parte aérea e grãos.
Fonte: Carsky (1989).

Em consórcio com a cultura

Alternativa promissora para associação do adubo verde com a cultura comercial é a semeadura das leguminosas concomitante com o milho (*Zea mays*) ou quando essa cultura já completou seu ciclo vegetativo.

A mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) adapta-se bem ao cultivo em consórcio com o milho e sua incorporação ao solo pode corresponder à adubação de 50 kg/ha (Pereira, 1987) a até 200 kg/ha de N nessa cultura (Suhet & Ritchey, 1987). A desvantagem desse sistema é a dificuldade para realizar a semeadura da mucuna, utilizando trator.

As leguminosas forrageiras, com desenvolvimento inicial lento, podem ser outra opção para cultivo associado com o milho. Experimentos conduzidos na Embrapa Cerrados mostram que certas leguminosas com essa característica apresentam baixa concorrência com o milho. Apesar disso, a produção de massa seca é alta pois, quando o milho completa seu ciclo vegetativo, as leguminosas já estão estabelecidas e continuam vegetando e acumulando biomassa durante o período da seca. As leguminosas forrageiras que se adaptam a esse sistema são: *Stylosanthes guianensis* var. *pauciflora* (Bandeirante), *S. guianensis* var. *vulgaris* (Mineirão), *S. macrocephala* cv. Pioneiro e *Zornia latifolia*. Outra grande vantagem da associação com essas leguminosas é a possibilidade de fornecimento de forragem no período da seca, quando ocorre, na região, escassez de material com alto valor proteico. As porcentagens de incremento na produção de milho, em associação com essas leguminosas, em relação à aplicação de 100 kg/ha de N via fertilizante, foram crescentes ao longo do tempo em Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo e, no terceiro ano de condução dos experimentos, a produção de alguns tratamentos como a zórnica equivaleram à obtida com a adubação de 100 kg/ha de N (Suhet et al., 1994).

Uma associação pouco explorada, mas que pode apresentar bons resultados, é o consórcio de culturas perenes (por ex. citrus e café) com leguminosas. Algumas espécies como feijão-de-porco, guandu-anão, estilosantes, arachis, crotalárias de porte mais baixo (*C. anagiroides*,

C. spectabilis, *C. grantiana*) apresentam potencialidade para esse sistema, com vantagens que devem refletir no rendimento e na qualidade do produto final das culturas (frutos ou grãos), além de contribuir para redução de custos.

No início do período chuvoso e antes da cultura

Na maior parte do bioma Cerrado, a cultura comercial é cultivada apenas no período chuvoso. Assim, nem sempre é economicamente viável, em curto prazo, empregar o adubo verde durante esse período em detrimento da cultura comercial. Uma boa opção é o uso de leguminosas com ciclo mais curto, antes da cultura comercial, para ser cultivada na mesma estação chuvosa. A *Crotalaria juncea*, que apresenta ciclo mais curto (floresce, aproximadamente aos 90 dias), pode ser usada nesse sistema, antecedendo à cultura do feijão, por exemplo. Deve-se ter o cuidado de não cultivá-la sucessivamente na mesma área, devido à propagação de doenças, como a fusariose. Nesse caso, a semeadura das espécies deve ser realizada logo após as primeiras chuvas e o corte pode anteceder à floração, visando não comprometer o plantio da cultura comercial na época adequada. Para melhor aproveitamento do tempo, pode-se adotar o plantio direto. O atraso do período chuvoso pode comprometer a viabilidade desse sistema.

Em pós-colheita

Durante o período da seca, os solos do Cerrado normalmente ficam expostos à erosão e à proliferação de plantas invasoras. Dessa forma, os sistemas com adubação verde mais adaptados à região devem incluir o cultivo dos adubos verdes na entressafra. Como o período da seca na região é marcado por deficiências hídricas intensas, sendo comum a ocorrência de até cinco meses sem chuva, a produção de fitomassa das leguminosas, nesse período, e a fixação biológica ou reciclagem de N por elas são reduzidas.

Uma opção de cultivo de adubos verdes na entressafra é a semeadura após a colheita da cultura comercial no final do período chuvoso. As leguminosas mais adaptadas a esse sistema são: a mucuna-preta, o feijão-bravo-do-ceará, o feijão-de-porco e o guandu. No caso da mucuna-preta e do feijão-bravo-do-ceará, a fitomassa tem de ser manejada antes da formação de vagens, pois suas sementes apresentam dormência, podendo germinar na área em períodos diferentes ao longo de anos, dificultando bastante seu controle. Como o florescimento dessas duas espécies é muito desuniforme, recomenda-se que esse manejo, por meio de implementos mecânicos ou herbicidas, seja realizado no início da floração. O tratamento das sementes que promoveu a superação da dormência, também minimiza esse problema. No caso do guandu, é importante não atrasar muito a semeadura, pois à medida que isso ocorre, a produção de biomassa é reduzida pelo efeito de fotoperíodo.

O milho apresentou produtividade mais elevada após o cultivo de algumas espécies de adubos verdes semeadas em pós-colheita na região do Cerrado (Tabela 7). Em Planaltina, DF, estimou-se que o cultivo prévio dos melhores adubos verdes resultou na produtividade do milho que correspondeu à adubação de 50 kg/ha de N (Tabela 8).

Tabela 7. Produtividade de milho cultivado após incorporação de adubos verdes semeados em pós-colheita, em LE argiloso, em Goiânia, GO.

| Espécie incorporada | Produtividade | |
|-------------------------------|------------------|-----------|
| | 1993/1994 | 1994/1995 |
| | ----- t/ha ----- | |
| <i>Brachiaria ruziziensis</i> | 6,9 | 6,9 |
| <i>Crotalaria juncea</i> | 8,9 | 8,0 |
| <i>Crotalaria ochroleuca</i> | 8,5 | 7,8 |
| Feijão-de-porco | 7,7 | 8,6 |
| Guandu kaki | 7,7 | 8,3 |
| Mucuna-preta | 7,3 | 7,7 |
| Vegetação espontânea | 7,2 | 7,3 |

Fonte: Carvalho et al. (1996).

Tabela 8. Efeito da adubação nitrogenada e do cultivo anterior com adubos verdes no rendimento de grãos do milho.

| Espécie ⁽¹⁾ incorporada | Produtividade | | |
|---------------------------------------|------------------|---------|---------|
| | 1988/89 | 1989/90 | 1990/91 |
| | ----- t/ha ----- | | |
| Guandu | 5,6 | 2,4 | 4,4 |
| Feijão-bravo-do-ceará | 7,3 | 2,7 | 6,0 |
| Mucuna-preta | 5,7 | 2,2 | 4,6 |
| Estilosantes Mineirão | 6,8 | 2,0 | 5,0 |
| Estilosantes cortado | 5,1 | 1,5 | 5,3 |
| Sorgo | 5,1 | 1,9 | 4,2 |
| Tefrósia cândida | 7,3 | 2,0 | 5,0 |
| Doses de N (kg/ha) | | | |
| 0 | 4,8 | 1,5 | 3,9 |
| 50 | 7,4 | 3,5 | 6,5 |
| 100 | 7,3 | 4,3 | 6,4 |
| 200 | 8,4 | 5,3 | 7,3 |

⁽¹⁾ Semeadas em pós-colheita e incorporadas antes da semeadura do milho.

Fonte: Burle et al. (1994).

O uso sucessivo de gramíneas pode levar à imobilização do nitrogênio e reduzir a produção da gramínea cultivada como cultura comercial. Em experimento conduzido no Município de Goiânia, observou-se que a braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) pré-incorporada à semeadura do milho, além de não fixar nitrogênio, competiu por ele com essa cultura no processo de mineralização, resultando em reduções no rendimento do milho (Tabela 7).

Cuidados no uso da adubação verde

As seguintes práticas são recomendadas para maior eficiência no uso de adubos verdes:

1. Inocular as espécies que respondem à inoculação, para incrementar a contribuição da FBN.

2. Efetuar a quebra de dormência (imersão em água em ebulição por 30 segundos) das sementes de espécies que apresentam esse problema, como o feijão-bravo-do-ceará e mucuna-preta, para aumentar a uniformidade e a eficiência de germinação;
3. Realizar o corte das plantas no início da floração, no caso das espécies que podem tornar-se invasoras, como o feijão-bravo-do-ceará e a mucuna-preta;
4. Utilizar sementes livre de patógenos;
5. Tomar cuidado para não usar espécies de adubos verdes hospedeiras de patógenos (pragas e doenças) aos quais a cultura comercial apresente suscetibilidade;
6. Planejar o uso dos adubos verdes de modo a não utilizar a mesma espécie sucessivamente na mesma área.

Conclusões

Não se recomenda a adubação nitrogenada para leguminosas, pois o nitrogênio mineral inibe o processo biológico. A maioria das leguminosas, sobretudo a soja, a ervilha e a lentilha, apresentam grandes produtividades apenas com a inoculação. Um inoculante de boa qualidade e utilizado adequadamente pode fornecer todo o N necessário à cultura, mantendo ou mesmo aumentando os rendimentos de grãos. O feijoeiro é uma das poucas exceções a essa recomendação e os maiores rendimentos de grãos são obtidos quando ele é inoculado e adubado em cobertura com N.

Diversas leguminosas podem ser cultivadas em rotação, em consórcio ou em pós-colheita, visando reduzir os gastos do agricultor com a compra de fertilizantes nitrogenados para a cultura comercial. A biomassa produzida, com teores elevados de N, pode enriquecer o solo e melhorar os níveis de matéria orgânica.

Referências

- BARRADAS, C. A.; BODDEY, L. H.; HUNGRIA, M. Seleção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* para nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 169-179, 1989.
- BROCKWELL, J.; BOTTOMLEY, P. J.; THIES, J. E. Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: A critical assessment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 174, p. 143-180, 1995.
- BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. Adubação verde no período da seca nos Cerrados: efeito na cultura do milho. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, 1994. p. 101-105.
- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade do uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 31 p. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa, 4).
- CARSKY, R. J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. 257 f. Thesis (Ph.D) - Cornell University, Ithaca.
- Carvalho, A. M. de; Correia, J. R; Blancaneaux, P.; FREITAS, L. R. S. da; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 384-388.
- CATTELAN, A. J.; HUNGRIA, M. Nitrogen nutrition and inoculation. In: FAO (Rome, Italy). **Tropical soybean: improvement and production**. Rome, 1994. p. 201-215.
- DE-POLLI, H.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Compatibilidade de agrotóxicos com *Rhizobium* spp. e a simbiose das leguminosas**. Itaguaí: Seropédica: EMBRAPA-UAPNPBS, 1986. 71 p. (EMBRAPA-UAPNPBS. Documentos, 3).
- DOWLING, D. N.; BROUGHTON, W. J. Competition for nodulation of legumes. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, CA, v. 40, p. 131-157, 1986.
- DUQUE, F. F.; NEVES, M. C. P.; FRANCO, A. A.; VICTORIA, R. L.; BODDEY, R. M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the

quantification of N₂ fixation using ¹⁵N. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 88, p. 333-343, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil - 1998/99**. Londrina, 1998. 182 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 120).

GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In: VINCENT, J. M.; WHITNEY, A. S.; BOSE, J. (Ed.). **Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture**. Maui, Hawaii: University of Hawaii, 1977. p. 313-334. (University of Hawaii. College Tropical Agriculture Miscellaneous Publications, 145).

GRAHAM, P. H.; ROSAS, J. C. C. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, p. 88, p. 503-508, 1977.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação das leguminosas por rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 339-364, 1994.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A. Nodule senescence in *Phaseolus vulgaris*. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, p. 341-346, 1988.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A. **Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997a. 8 p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 56).

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997b. p. 189-294.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J. **A inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 28 p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 17. EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 34). 1997c.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; GALERANI, P. R. **Adubação nitrogenada na soja?** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997d. p. 1-4. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 57).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.. Eficiência fixadora de estirpes de rizóbio em duas cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 1-5, 1994.

MENDES, I. C.; hungria, m.; vargas, m. a. t. **Resposta da soja a adubação nitrogenada na semeadura em sistemas de plantio direto e convencional na região dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000a 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim Técnico, 12).

MENDES, I. C.; vargas, m. a. t.; hungria, m. **Estabelecimento de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*/B. *elkanii* em solos de cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000b. 18 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 20).

PEREIRA, J. Efeito de adubo verde, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, 1987. p. 191-194.

PERES, J. R. R. **Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1979. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PERES, J. R. R.; VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 16, p. 205-219, 1980.

PERES, J. R. R.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio para soja em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 357-363, 1993.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 415-420, 1994.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Sobrevivência de estirpes de *Rhizobium japonicum* na superfície de sementes de soja inoculadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 489-49, 3, 1986.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Fixação de nitrogênio atmosférico pela ervilha em solos de cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 16-19, 1989.

SUHET, A. R.; RITCHEY, K. D. Níveis, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, 1987. p. 107-109.

SUHET, A. R.; BURLE, M. L.; PERES, J. R. R. Associação de adubos verdes com culturas comerciais nos Cerrados In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, 1994. p. 111-115.

VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R. Efeito de tipos e níveis de inoculante na soja cultivada em um solo de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 343-347, 1980a.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeito da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja em um solo de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 17-21, 1980b.

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 1127-1132, 1982.

VARGAS, M. A.T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. **Duas novas estirpes de rizóbio para a inoculação da soja**. Planaltina: : EMBRAPA-CPAC. 1992. 3 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 62).

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. Fixação biológica do nitrogênio. In: ARANTES, N. E.; SOUZA P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 159-180.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Resposta da lentilha à inoculação e à adubação nitrogenada em um solo de Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 1147-1149, 1994.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 295-360.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M. Response of field grown *Phaseolus vulgaris* (L) to *Rhizobium* inoculation and N fertilization in two Cerrados soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 32, p. 228-233. 1999.

Adubação com nitrogênio

Djalma M. Gomes de Sousa

Edson Lobato

Introdução

O nitrogênio (N), macronutriente essencial para as plantas, é absorvido e exportado em grandes quantidades nas colheitas.

A absorção do N ocorre principalmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou de amônio (NH_4^+), sendo a primeira forma a mais frequente.

Como parte da composição da clorofila, o nitrogênio participa diretamente da fotossíntese, desempenhando, ainda, entre outros papéis, o de aumentar o teor da proteína nas plantas.

A recomendação de adubação nitrogenada é complexa, devido à dinâmica das transformações do nitrogênio no solo, à sua mobilidade e aos fatores que influem no seu aproveitamento pelas plantas.

O mau uso do adubo nitrogenado pode causar prejuízos econômicos e ambientais consideráveis.

Resposta das culturas à adubação

As respostas à adubação nitrogenada variam conforme as culturas, sendo de maior magnitude nas gramíneas, em especial, no milho. Vários fatores podem influenciar o potencial de resposta de uma cultura ao nitrogênio

(N), dentre eles destacam-se: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo. Devido a tantos fatores que interferem na resposta a esse nutriente, não é tarefa simples definir doses adequadas de adubos nitrogenados para diferentes culturas.

O milho é uma das gramíneas mais cultivadas na região do Cerrado, e suas respostas a N chegam a doses de até 200 kg/ha ou mais (Figura 1). Com doses em torno de 100 kg/ha de N, é possível produzir cerca de 8 t/ha de grãos de milho em um solo com 3% a 4% de matéria orgânica.

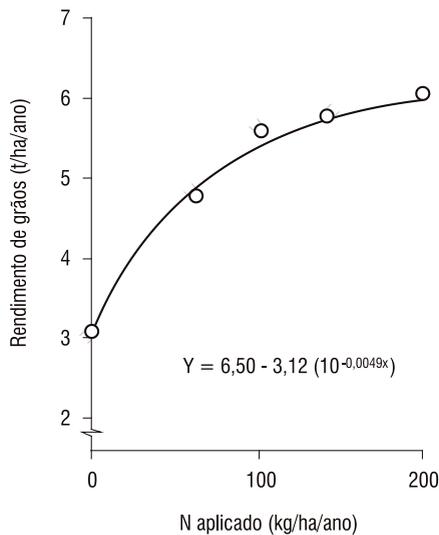


Figura 1. Rendimento anual médio de milho com aplicação anual de doses de nitrogênio num solo de Cerrado, no período de 1972 a 1980.

Fonte: Suhet et al. (1985).

Com o arroz, outra cultura de importância na região, têm-se observado respostas à aplicação de até 80 kg/ha de N.

A cultura do algodão herbáceo tem expandido muito na região do Cerrado a partir de 1996 e observa-se resposta à aplicação de até 120 kg/ha de N.

Dentre as culturas irrigadas, destacam-se o feijão, o trigo e potencialmente a cevada e o algodão. Tem-se obtido respostas à aplicação de até 120 kg/ha de N para essas culturas (Tabela 1).

Tabela 1. Resposta de algumas culturas irrigadas ao nitrogênio em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

| Dose de nitrogênio kg/ha | Cultura | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------|
| | Cevada ⁽¹⁾ | Algodão ⁽²⁾ | Feijão ⁽³⁾ | Trigo ⁽⁴⁾ | Milho |
| 0 | 3,2 | 3,6 | 3,5 | 5,0 | 8,3 |
| 40 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 5,5 | 9,1 |
| 80 | 6,2 | 4,9 | 4,8 | 5,3 | 10,0 |
| 120 | 6,6 | 5,2 | 5,0 | 5,0 | 11,0 |

Fonte: ⁽¹⁾Guerra & Silva (1998); ⁽²⁾Guerra & Iora (1999); ⁽³⁾Guerra et al. (2000); ⁽⁴⁾Adaptado de Silva (1991).

As leguminosas, à exceção do feijão, não necessitam de adubação nitrogenada. A soja, leguminosa mais cultivada no Cerrado, responde a aplicações de nitrogênio, mas em quantidades muito elevadas e inviáveis economicamente. Produtividades acima de 4 t/ha de grãos de soja podem ser obtidas sem aplicação de qualquer adubação nitrogenada, sendo o nitrogênio fornecido às plantas graças à fixação biológica do N atmosférico. Esse assunto é objeto do Capítulo 4.

Transformações e perdas do nitrogênio no solo

Mineralização e imobilização

O nitrogênio do solo encontra-se, quase que totalmente, na forma orgânica, não disponível para as plantas e muito pouco na forma inorgânica (amônio e nitrato), passível de absorção pelas plantas. A grande supridora desse nutriente para o solo é a atmosfera da terra, muito rica em nitrogênio,

um gás inerte que, fixado bioquímica ou industrialmente, adquire a condição de vir a ser assimilável pelos vegetais.

Microrganismos do solo, ao decomporem a matéria orgânica, bem como os resíduos vegetais e animais satisfazem sua demanda de energia e de nitrogênio e, com a mineralização dos compostos orgânicos, disponibilizam nitrogênio para as plantas. No atendimento à demanda de nitrogênio pelos microrganismos, ocorre, por algum tempo, imobilização de nitrogênio orgânico ou inorgânico no corpo desses seres microscópicos que, uma vez completado seus ciclos vitais e decompostos, também liberam o nitrogênio para as plantas. A mineralização e a imobilização ocorrem ao mesmo tempo no solo. Material com relação C/N baixa (menor que 20:1) proporciona maior rapidez da mineralização e, com relação C/N alta, (maior que 30:1) favorecem a imobilização. Para relações C/N entre esses valores, a imobilização e a mineralização são equivalentes.

Quando a imobilização for maior do que a mineralização, pode haver um período de deficiência de nitrogênio para as plantas, especialmente no início do ano agrícola pois, com o início do período chuvoso, intensifica-se a ação dos microrganismos e há demanda por nitrogênio pelas culturas em crescimento. É importante, nesse período, aplicar o nitrogênio mineral próximo das raízes. A extensão desse período depende da quantidade de material orgânico adicionado ao solo, da relação C/N do material e das condições de umidade, temperatura e fertilidade do solo. A aplicação de nitrogênio mineral e a incorporação dos resíduos orgânicos ao solo são formas de apressar a decomposição deles, superando o período de maior imobilização de N.

Nitrificação e desnitrificação

Nitrificação é o processo de transformação do nitrogênio amoniacal em nitrogênio nítrico pela ação de bactérias nitrificadoras do solo. Solos bem

drenados, em boas condições para o desenvolvimento das plantas são adequados para o trabalho dessas bactérias.

A desnitrificação é o processo que ocorre na ausência de oxigênio. É mais frequente em solos alagados onde o N, na forma de NO_3^- , é transformado em N_2 ou N_2O pela ação de bactérias do solo. Mesmo em solos normalmente bem drenados, o fato pode ocorrer como resultado do preparo inadequado do solo, compactando-o e dando origem a áreas encharcadas pelo acúmulo da água da chuva ou da irrigação.

Lixiviação

Os nitratos movimentam-se quase que livremente com a água do solo. A descida do nitrato com a água no perfil do solo é que se denomina de lixiviação.

A lixiviação pode ser considerada como um dos processos de grande importância no Cerrado, principalmente, em áreas de alta precipitação e de solos bem drenados. Características do solo como capacidade de retenção e taxa de movimentação da água, capacidade de troca aniônica (CTA) e atividade biológica influenciam a lixiviação de N. Trabalhos desenvolvidos por Aldrich (1980) indicam que para a mesma quantidade de chuva, a lixiviação de NO_3^- em um solo arenoso é quatro vezes mais rápida do que em um franco e seis vezes mais rápida do que em um argiloso.

Suhet et al. (1985) mostraram que, decorridos setenta dias da aplicação de N no solo, grande parte dos 200 kg/ha, na forma de ureia, adicionados na camada superficial, encontrava-se em camadas mais profundas (60 cm a 90 cm). Esses autores, com base em dados experimentais, estimaram um índice de lixiviação de NO_3^- entre 1 mm e 1,5 mm através do perfil do solo, por mm de chuva em solos argilosos.

Quando forem adicionados adubos nitrogenados ao solo, na forma de amônio ou em outra forma que seja transformada em NH_4^+ , enquanto o

processo de nitrificação não se completa, a mobilidade do N é menor, pois a forma catiônica é retida pelas cargas negativas do solo. No início do período chuvoso, ou melhor, com o solo úmido, a nitrificação é rápida, atingindo períodos de até quatro semanas (Figura 2) quando todo o N deverá estar na forma de NO_3^- , propenso à lixiviação.

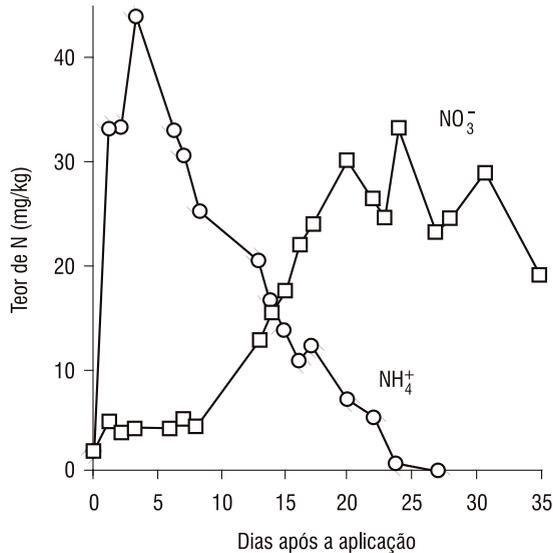


Figura 2. Transformação do nitrogênio da forma amoniacal em nítrica em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, onde se aplicou 100 kg/ha de N, na forma de ureia, em função do tempo.

O nitrogênio mineralizado da matéria orgânica do solo também está sujeito a perdas por lixiviação. Essa constatação pode ser feita com os dados da Figura 3 na qual se observa uma relação inversa entre a produção de grãos de milho e a quantidade de chuva nos quatro primeiros meses de cultivo, em um período de 6 anos, em área sem adubação nitrogenada. Quanto maior foi a quantidade de chuva, tanto menor foi o rendimento de grãos, sugerindo a ocorrência de perdas por lixiviação do N mineralizado.

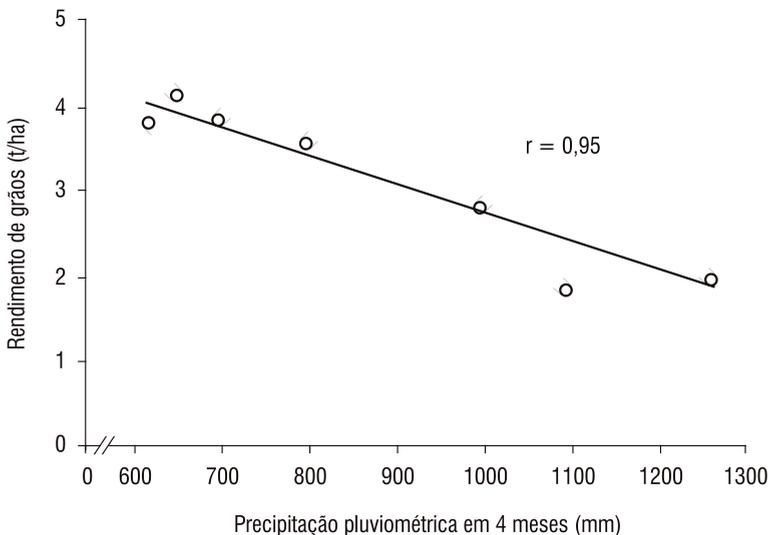


Figura 3. Relação entre o rendimento médio de grãos de milho em solo Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, sem adubação nitrogenada, em sete cultivos sucessivos e a precipitação pluviométrica total nos quatro primeiros meses de cultivo.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1980).

Volatilização

A volatilização, outro processo que envolve perda de N do solo na forma do gás NH_3 , ocorre principalmente quando se utiliza a ureia como fonte de N em condições inadequadas de aplicação. A ureia, se aplicada na superfície do solo, pode ter perdas por volatilização de até 70% do nitrogênio.

Eficiência de recuperação

Para uma cultivar qualquer, depois de iniciado o processo de movimentação do nitrato no solo, pode-se observar que a eficiência da absorção do N é diferenciada, em função da presença ou não de raízes em profundidade. A limitação para o enraizamento profundo, quando o impedimento for de natureza química, pode ser resolvida com o uso do gesso agrícola.

Dados obtidos de Sousa et al. (1992) mostram que com a mesma dose de N, 20 kg/ha de N, no plantio e 80 kg/ha de N em cobertura, foi possível produzir 4,7 t/ha ou 6,8 t/ha de grãos de milho sem aplicação ou com aplicação de gesso, respectivamente. Essa diferença de produtividade não foi causada pelo uso da água, pois o ensaio era irrigado. A maior produtividade, em grande parte, foi obtida graças à maior absorção de nutrientes, com destaque para o N, no tratamento em que o gesso foi aplicado, e o sistema radicular do milho desenvolveu em maior profundidade.

Sousa & Ritchey (1986) observaram, aos 74 dias após a emergência do milho, acúmulo de 48 kg/ha de N a mais, na forma de NO_3^- , até a profundidade de 60 cm no tratamento sem gesso do que no tratamento com gesso (Figura 4). Depois da colheita, verificaram que a quantidade de N imobilizado nos grãos e o restante da parte aérea foi de 91 kg/ha no tratamento sem gesso e de 135 kg/ha no tratamento com gesso, indicando absorção de 44 kg/ha de N a mais, no tratamento com gesso, para a mesma dose de 100 kg/ha de N aplicada. Essa quantidade foi bem próxima daquela acumulada no perfil e não absorvida pela cultura do milho no tratamento sem gesso, devido à concentração superficial das raízes.

Outro aspecto importante a se considerar é o fato de que a taxa de recuperação do N, aplicado como fertilizante, diminui à medida que se aumenta a dose aplicada no solo. Dados de experimentos conduzidos nos Estados Unidos, Porto Rico e Brasil (Planaltina, DF), analisados por Grove (1979), indicam que para doses inferiores a 60 kg/ha de N pode-se considerar uma recuperação de 60% para valores entre 60 kg/ha e 120 kg/ha de N a recuperação foi de 56% e para doses acima de 120 kg/ha de N a recuperação foi inferior a 50%. Esses valores podem ser aumentados caso os sistemas radiculares sejam mais profundos, porém, as diferenças de recuperação em função de doses devem existir.

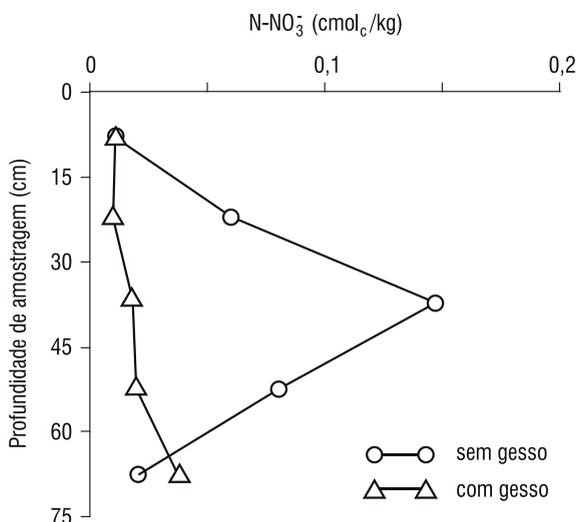


Figura 4. Distribuição de $N-NO_3^-$ em profundidade em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso cultivado com milho, na estação seca de 1983, com irrigação, na presença e na ausência de gesso, 74 dias após a emergência.

Fonte: Sousa & Ritchey (1986).

Estimativa do requerimento de nitrogênio

A definição da quantidade de N a ser adicionada ao solo, para se obter determinada produção de grãos, é função da quantidade requerida para a produtividade desejada mais o imobilizado pelo solo, caso a relação C/N dos resíduos vegetais acumulados seja superior a 30, menos o suprido pelo solo (por meio da mineralização da matéria orgânica do solo e de resíduos de culturas de safras anteriores, bem como o residual de adubações anteriores). Aplica-se ainda um fator de correção relacionado à eficiência do uso do N pela cultura.

Esse processo vem sendo estudado por vários pesquisadores, entre os quais os trabalhos de Stanford & Legg (1968) e Grove (1979) são de grande valia. Esses autores propõem a seguinte equação para descrever o requerimento de N:

$$N_f = (N_y - N_s)/E_f,$$

em que: N_f = quantidade de N requerida;

N_y = quantidade de N acumulada na matéria seca da parte aérea para uma produção desejada;

N_s = N suprido pelo solo;

E_f = aumento do conteúdo de N na matéria seca da parte aérea por unidade de fertilizante aplicada (fator de eficiência de utilização do fertilizante).

As linhas gerais desse modelo foram usadas para gerar as recomendações de adubação nitrogenada para as diferentes culturas, apresentadas nos Capítulos 12, 13 e 14.

As quantidades de N, acumuladas na matéria seca da parte aérea das culturas em função da produtividade, já foram definidas por vários autores. Exemplos para as culturas do milho, trigo e arroz são apresentados na Figura 5. Assim, em média, para produzir uma tonelada de grãos de milho, trigo, arroz, cevada e sorgo são necessários 20 kg, 30 kg, 20 kg, 25 kg e 30 kg de N, respectivamente. Para o algodão em caroço são necessários, em média, 50 kg de N para produzir uma tonelada.

Quanto à imobilização de N no solo, esta ocorrerá quando o material, em decomposição, apresentar alta relação C/N.

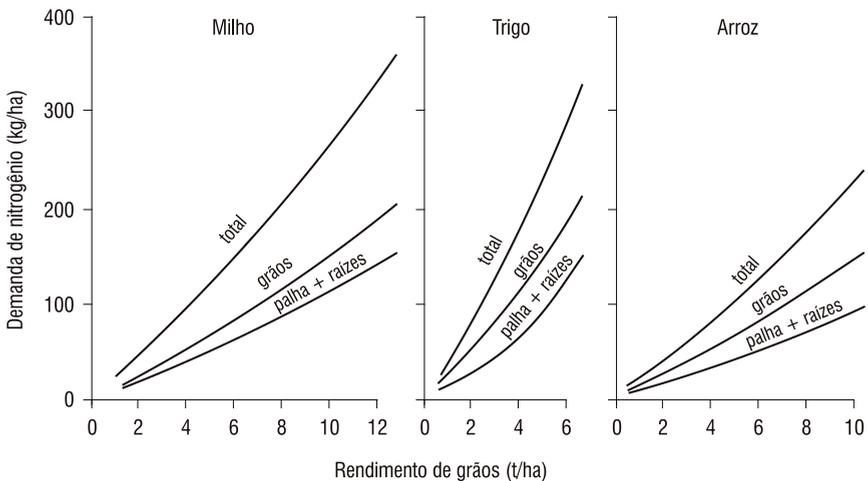


Figura 5. Nitrogênio contido em partes das culturas de milho, trigo e arroz irrigados e total para diferentes rendimentos de grãos.

A quantidade de N suprida pelo solo pode ser estimada pelos teores de NH_4^+ e NO_3^- no perfil do solo, pelo teor de matéria orgânica na camada arável e pela produtividade das culturas anteriores. Por causa da dinâmica das transformações e da mobilidade no solo, a análise de NH_4^+ e NO_3^- no solo é pouco utilizada e, assim, não se pode quantificar o residual de adubações anteriores nem o N já mineralizado e acumulado no solo. Conhecendo-se o teor de matéria orgânica do solo, é possível ter-se uma estimativa do potencial de fornecimento de N, utilizando os dados da Tabela 2, obtidos de experimentos e de observações feitas em fazendas. De posse do histórico da área dos últimos 3 anos, com as culturas e produtividades obtidas, pode-se estimar a contribuição de N mineralizado dos restos de culturas. Para tanto, multiplica-se o número de sacos (60 kg) de grãos produzidos no ano agrícola anterior por 0,45 para leguminosas ou por 0,1 para gramíneas, obtendo-se o valor em kg/ha de N utilizável pela cultura a ser estabelecida. Para leguminosas, a taxa de mineralização considerada foi de 50% ao ano, enquanto para gramíneas foi de 30%. Para efeito prático, consideram-se somente os últimos três cultivos. Assim, os fatores para leguminosas, em cultivos feitos há três, dois e um ano antes de uma nova cultura, serão 0,11; 0,22 e 0,45, respectivamente. Para as gramíneas, pode-se considerar o fator de 0,1 para os 3 anos. Para exemplificar, uma área que produziu 60 sacos/ha de soja há 3 anos, 140 sacos/ha de milho há 2 anos e 65 sacos/ha de soja no último ano fornecerá 50 kg/ha de N para a cultura subsequente $[(60 \times 0,11) + (140 \times 0,1) + (65 \times 0,45)] \cong 50$. Nesses cálculos, já foi considerada a eficiência de uso do N pelas plantas.

Em resumo, a quantidade de N a ser aplicada a uma cultura resulta das quantidades imobilizadas (na planta e no solo) e da capacidade de suprimento de N do solo. Entretanto, as culturas não apresentam eficiência de 100% no uso do N a ser aplicado ou do fornecido pelo solo. Em média, considera-se que 60% do N disponibilizado para as culturas seja utilizado, tendo-se, nesse caso, de multiplicar o valor calculado de N, a aplicar no solo, por 1,67. Alguns processos de transformação do N podem reduzir a eficiência de sua utilização pelas plantas, mas são passíveis de ser controlados.

Tabela 2. Potencial de nitrogênio mineralizado e produtividade de milho obtida em solos da região do Cerrado com diferentes teores de matéria orgânica.

| Teor médio de matéria orgânica | Potencial de nitrogênio mineralizado ⁽¹⁾ | Produtividade de milho observada ou estimada ⁽²⁾ |
|--------------------------------|---|---|
| % | kg/ha | t/ha |
| 1 | 30 a 50 | 1,5 |
| 2 | 60 a 100 | 3,0 a 4,5 |
| 3 | 90 a 150 | 4,0 a 6,0 |
| 4 | 120 a 200 | 5,0 a 7,0 |

⁽¹⁾ Estimou-se uma taxa de mineralização anual da matéria orgânica de 3% a 5% e uma relação C/N de 11,5.

⁽²⁾ Eficiência do uso do N de 75%, para um perfil de solo explorado de, no mínimo, 60 cm.

Fontes

Existem várias possibilidades de escolha da fonte de N a ser utilizada pelo produtor. Em geral, o ponto mais importante a ser observado é o custo final da unidade de N aplicada na lavoura. Quando os fertilizantes nitrogenados são convenientemente aplicados, em solos bem drenados, praticamente, não há diferenças na eficiência agrônômica entre as fontes.

Uma característica importante dessas fontes é o índice de acidez ou basicidade. A maioria das fontes de N apresenta índice de acidez, ou seja, acidifica o solo por meio de suas reações após a aplicação. Assim, fontes de N como amônia anidra, sulfato de amônio, ureia e nitrato de amônio apresentam índice de acidez de 147, 110, 71 e 62, respectivamente. Isso significa que para cada 100 kg das fontes de N, aplicadas ao solo, seria necessário aplicar o valor dos índices de acidez em quilos de carbonato de cálcio, para neutralizar a acidez originada na reação do fertilizante. Alguns fertilizantes em que o N está só na forma de nitrato apresentam índice de basicidade. Como por exemplo: o nitrato de sódio, o nitrato de cálcio e o nitrato de potássio. Esses produtos apresentam reações básicas, com índices entre 20 e 29, ou seja, 100 kg desses fertilizantes equivalem a 20 kg a 29 kg de carbonato de cálcio aplicados ao solo.

Modo de aplicação

Depois de aplicado ao solo, o N, se utilizado na forma amoniacal, é convertido na forma nítrica em um período de tempo curto (em torno de três semanas). Dependendo das características do solo e do clima, podem ocorrer perdas pelo processo de lixiviação. Uma prática bastante utilizada para reduzir esse problema é parcelar a adubação nitrogenada, sendo parte colocada no plantio (1/5 a 1/3 da dose total de N a aplicar) e o restante em cobertura. Tanto a época da cobertura como também a possibilidade de parcelar é função do tipo de solo, dose de N e se a cultura é irrigada, com sistema que possibilite aplicar o N via água de irrigação. Ensaio conduzido por Suhet et al. (1985), com a cultura do milho, em solo argiloso, indicou que, para doses de até 120 kg/ha de N, pode ser feita a cobertura em uma única época. Nesse mesmo ensaio, houve ano em que o parcelamento da cobertura em duas vezes da dose de 100 kg/ha de N produziu 10% mais grãos de milho do que a cobertura feita em uma só vez.

Um exemplo de parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do milho é apresentado na Tabela 3. Dependendo da dose e do tipo de solo onde se aplica o N, sugere-se parcelamento em até três vezes, no caso de solo arenoso e dose superior a 100 kg/ha. É possível parcelar em mais vezes, sem agregar custo adicional ao produtor, em sistemas irrigados em que o N pode ser adicionado à água de irrigação. Nesse caso, não se deve aplicá-lo à cultura do milho após o período em que a planta apresenta 16 folhas desenvolvidas. De maneira geral, o N, em cobertura, deve ser aplicado antes do período de florescimento da cultura, pois mais de 50% da quantidade total de N requerido pelas plantas é absorvida nesse período.

Quando a fonte de nitrogênio for a ureia, é importante que ela seja incorporada, pois, se for aplicada na superfície do solo ou de restos culturais poderá ocorrer perda por volatilização. Tal perda poderá até não acontecer caso, logo após a aplicação, a água de chuva ou de irrigação a conduzir para dentro do solo.

Tabela 3. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho em função da textura do solo e da dose recomendada.

| Textura | Dose de N kg/ha | Folhas | | | |
|------------------|--------------------|---------------|-------|--------|---------|
| | | 4 a 6 | 7 a 8 | 8 a 10 | 10 a 12 |
| | | ----- % ----- | | | |
| Argilosa e média | 60 a 100 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| | >100 | 50 | 0 | 50 | 0 |
| Arenosa | 60 a 100 | 50 | 0 | 50 | 0 |
| | >100 | 40 | 0 | 40 | 20 |

Fonte: Adaptado de Rizzardi (1995).

Recomendação de adubação

Um dos fatores mais importantes para a redução da quantidade de N aplicada ao solo é poder contar com o suprimento natural de N dele. A permanência desse suprimento será obtida com a manutenção do teor de matéria orgânica do solo. Sistemas que possibilitem manter ou até aumentar o teor de matéria orgânica como: rotação de culturas, alternância de agricultura com pastagem, sistema de preparo mínimo do solo (principalmente nos solos arenosos), alta produtividade das culturas, retornando para o solo grandes quantidades de restos culturais e adubação verde, devem ser intensificados.

Com um manejo adequado do solo, pode-se contar com contribuições de N mineralizado e utilizado pelas culturas de até 180 kg/ha, com os quais é possível a produção de até 9 t/ha de milho. Nas sugestões de adubação nitrogenada (Capítulos 12, 13 e 14), trabalhou-se com pressupostos de mineralização de N e taxa de eficiência de uso do N da adubação a ser feita na cultura. Caso os números sugeridos nas tabelas sejam diferentes das observações feitas localmente, é possível determinar o valor de N a aplicar utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Dose de N (kg/ha)} = (\text{RNC} - \text{SNS}). f$$

em que: RNC = requerimento de N da cultura para determinada produtividade;

SNS = capacidade de suprimento de N do solo;

f = fator de eficiência do uso de N pela cultura que, em área bem manejada, com sistema radicular profundo, pode ser considerado 1,33 (eficiência de 75% no uso de N).

O valor de SNS é estimado pelo teor de matéria orgânica do solo (considera-se que cada 1% de matéria orgânica do solo fornece 30 kg/ha de N) e dos cultivos feitos nos últimos 3 anos, multiplicando-se a produtividade das culturas pelos coeficientes apresentados neste capítulo sob o título “estimativa do requerimento de nitrogênio”.

Assim, por exemplo, para se produzir 10 t/ha de grãos de milho em um solo argiloso com 3% de matéria orgânica onde se produziu 60 sacos/ha de soja há 3 anos, 140 sacos/ha de milho há 2 anos e 65 sacos/ha de soja na última safra, tem-se de aplicar, calculando-se os valores abaixo:

$$\text{RNC} = 10 \times 20 = 200 \text{ kg/ha de N (requerimento de 20 kg de N por tonelada de grãos)}$$

$$\text{SNS} = (3 \times 30) + [(60 \times 0,11) + 140 \times 0,1) + (65 \times 0,45)]$$

$$\text{SNS} = 140 \text{ kg/ha N}$$

tem-se a seguinte quantidade de N:

$$\text{Dose de N (kg/ha)} = (200 - 140) \times 1,33 = 79,8$$

Essa dose de N (arredondando-se para 80 kg/ha) deverá ser parcelada em duas vezes, sendo 30 kg no plantio e 50 kg em cobertura quando a planta estiver com 7 ou 8 folhas.

No exemplo oferecido, observa-se que o SNS foi de 140 kg/ha, possível devido ao bom teor de matéria orgânica do solo e à ótima produtividade das culturas anteriores. Contudo, isso nem sempre é observado na região. A monocultura da soja e o preparo excessivo do solo são práticas ainda em uso

por alguns produtores e, nessas condições, foram observadas, em solos arenosos, perdas de até 80% da matéria orgânica do solo em um período de 5 anos (Silva et al., 1994). Tais práticas podem inviabilizar a agricultura.

Em geral, pode ser necessário aumentar, a dose de N a ser aplicada em áreas de Cerrado recém-incorporadas ao sistema de produção ou áreas nos primeiros anos de plantio direto, casos em que ocorre imobilização de N no solo.

Quando não há um bom histórico de produtividades é possível reduzir em até 50% a adubação nitrogenada para uma gramínea, quando a área tiver sido cultivada com soja, nos últimos três ou mais anos.

Referências

ALDRICH, S. R. **Behavior of nitrogen in water, air, and soil.** In: —. **Nitrogen; in relation to food environment, and energy.** Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign-Agricultural Experiment Station, 1980. p. 9-34 (University of Illinois at Urbana-Champaign-Agricultural Experiment Station. Special publication, 61).

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1978-1979.** Planaltina, 1980. v. 41. 172 p.

GROVE, L. T. **Nitrogen fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics.** New York: Cornell University, 1979. 27 p. (Cornell International Agricultural Bulletin, 36).

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, 2000.

GUERRA, A. F.; IORA, C. J. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada em algodão herbáceo no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 496-499.

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cevada de seis fileiras na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA CNPT, 1998. p. 365-371.

RIZZARDI, M. Manejo de nitrogênio em milho. **Plantio Direto**, Passo Fundo, Edição Especial, maio 1995. p. 26-29.

SILVA, D. B. da. Efeito do nitrogênio aplicado em cobertura sobre o trigo irrigado numa sucessão soja-trigo, na região dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985-1987**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1991. p. 56-59.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

STANFORD, G.; LEGG, J. O. Correlation of N availability indexes with N uptake by plants. **Soil Science**, Baltimore, v. 105, p. 320-326, 1968.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba, MG. [**Anais**]. São Paulo, IBRAFOS, 1992. p. 277-306.

SOUSA, D. M. G. de; RITCHEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 1., 1985. Brasília, DF. [**Anais**]. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 119-144.

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF] : EMBRAPA-CPAC / Sao Paulo: Nobel, 1986. p. 167-202.

Adubação com fósforo

Djalma M. Gomes de Sousa

Edson Lobato

Thomaz A. Rein

Introdução

O fósforo é um dos nutrientes que merecem mais atenção para a produção agrícola nos solos da região do Cerrado onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A adubação fosfatada, dessa forma, é prática imprescindível nesse ambiente.

Devido às características desses solos, são grandes as quantidades de fósforo a serem aplicadas neles para manter uma disponibilidade do nutriente adequada às plantas cultivadas. Esse é um dos investimentos mais altos para a prática da agricultura comercial nesses solos.

As recomendações de adubação fosfatada e a eficiência do uso do fósforo aplicado ao solo dependem de uma série de aspectos que serão abordados neste capítulo.

Disponibilidade de fósforo no solo

As plantas nutrem-se retirando da solução do solo o fósforo (P) necessário para seu desenvolvimento. O P na solução do solo está em equilíbrio com formas de diferentes graus de solubilidade na fase sólida.

Os teores de P na solução dos solos da região do Cerrado são geralmente muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que

esses solos têm para reter o P na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de adubos fosfatados.

Quando esses adubos são aplicados ao solo, após sua dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. Todavia, grande parte do P retido é aproveitado pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende principalmente da espécie cultivada, é afetada pela textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, dose, fonte, granulometria e forma de aplicação do fertilizante fosfatado, rotação de culturas e o sistema de preparo do solo influem também nesse processo.

Resposta das culturas à adubação

A resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie e variedade vegetal cultivada e das condições climáticas.

Na Figura 1, são apresentadas curvas de resposta ao P para as culturas do milho, trigo e soja. Essas curvas foram obtidas em latossolos argilosos e referem-se à resposta a fosfatos solúveis em água (superfosfatos), aplicados a lanço e incorporados no solo em condições favoráveis de suprimento dos demais nutrientes. Quando não se adiciona P nesses solos, as produções são muito pequenas. Os maiores incrementos são observados com adubações de até 300 kg/ha de P_2O_5 .

Para espécies menos exigentes como algumas forrageiras (ex.: *Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis*) e mandioca, os maiores incrementos na produção são observados quando se aplica até 100 kg/ha de P_2O_5 , o que evidencia o comportamento diferente entre as espécies.

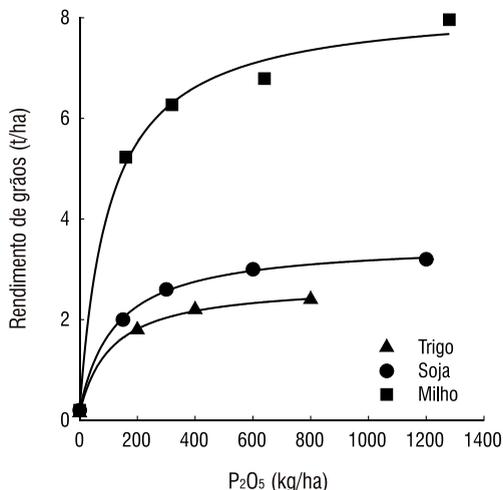


Figura 1. Respostas de algumas culturas à adubação fosfatada aplicada a lanço em um solo argiloso de Cerrado.

Fonte: Lobato (1982).

Adubação fosfatada e calagem

A correção da acidez é uma prática que contribui para aumentar a disponibilidade do P do solo e a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Essa maior eficiência pode ser observada na Figura 2, em que, para a dose de 200 kg/ha de P₂O₅ na área sem calagem, a produtividade foi de 1,32 t/ha de grãos de soja, enquanto, com essa mesma dose, na área onde foi realizada a calagem, a produtividade da soja foi de 3,04 t/ha. Além disso, com a calagem, a produtividade obtida com a dose intermediária de P foi próxima daquela com a dose máxima, o mesmo não ocorrendo na ausência de calagem.

Mesmo em sistemas que incluem espécies tolerantes à acidez, deve-se ter em conta o benefício da correção dessa acidez na economia do fósforo.

Quando se utilizam fosfatos naturais os quais se beneficiam da acidez do solo para sua solubilização, observa-se decréscimo nessa solubilidade com a aplicação de calcário, principalmente, em quantidades acima da dose recomendada para se elevar a saturação por bases para 50%.

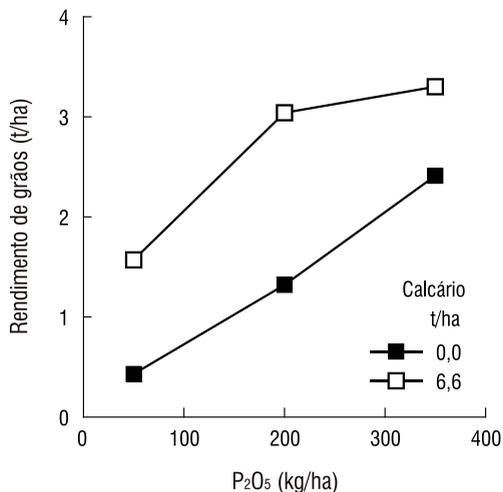


Figura 2. Produtividade média de grãos de cinco variedades de soja em área com duas doses de calcário e três doses de fósforo aplicadas a lanço, na forma de superfosfato simples, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1976).

Aplicação de fertilizantes fosfatados

Uma das opções para se aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados é aplicá-los de modo adequado no solo. A escolha dessa prática dependerá do solo, da fonte de fósforo, da espécie a ser cultivada, do sistema de preparo e do clima. As formas mais utilizadas para adicionar o P ao solo são: a lanço, na superfície, com ou sem incorporação no sulco de plantio, em cova e em faixas.

A distribuição a lanço e a incorporação no solo proporcionam maior volume deste com boas condições para a planta absorver fósforo, água e outros nutrientes. Para as culturas anuais, a aplicação de fertilizantes fosfatados a lanço e incorporado promove um sistema radicular mais volumoso. Essa forma de aplicação deve ser utilizada para doses de P superiores a 100 kg/ha de P₂O₅ em solos com baixa disponibilidade de P.

Para doses inferiores a 100 kg/ha de P_2O_5 , a serem aplicadas para culturas anuais, recomenda-se a localização em sulcos, o que possibilitará melhor uso do P do fertilizante solúvel em água pelas plantas, além da praticidade da operação conjunta com a semeadura.

Há vantagens em combinar aplicação inicial a lanço com incorporação e adições anuais no sulco de plantio, obtendo-se bons rendimentos desde o primeiro cultivo. Em longo prazo, considerando o efeito residual acumulado de vários cultivos, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado parece não afetar o rendimento de culturas anuais (Tabela 1).

Tabela 1. Produção acumulada de oito colheitas de soja em um Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso, em diferentes possibilidades de adubação fosfatada com superfosfato simples.

| Fósforo aplicado (P_2O_5) | | | Produção acumulada |
|-------------------------------|------------------|-------|--------------------|
| A lanço (1º ano) | No sulco (anual) | Total | |
| ----- kg/ha ----- | | | t/ha |
| 0 | 100 | 800 | 15,0 |
| 800 | 0 | 800 | 16,0 |
| 400 | 50 | 800 | 16,4 |

Em pastagens perenes, a aplicação de fertilizantes para o estabelecimento é feita a lanço, seguida de incorporação. Entretanto, para doses pequenas, menores que 30 kg/ha de P_2O_5 na forma de fertilizante solúvel em água, recomenda-se a aplicação em linha. Em pastagens já estabelecidas, é possível adicionar o fertilizante fosfatado em cobertura, sem incorporação. Os dados da Tabela 2 mostram a excelente resposta da *Brachiaria decumbens* à adubação anual, durante 3 anos, com 85 kg/ha de P_2O_5 em cobertura, na forma de superfosfato simples.

Tabela 2. Produção acumulada de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, em 3 anos, com a aplicação de superfosfato simples a lanço e incorporado ao solo e em cobertura.

| Fósforo aplicado (P ₂ O ₅) | | | Produção acumulada |
|---|------------------|-------|--------------------|
| A lanço no início | Em cobertura/ano | Total | |
| ----- kg/ha ----- | | | t/ha |
| 0 | 0 | 0 | 5,2 |
| 85 | 0 | 85 | 12,8 |
| 335 | 0 | 335 | 34,1 |
| 1.338 | 0 | 1.338 | 40,8 |
| 0 | 85 | 255 | 29,3 |

Fonte: Adaptado de Yost et al. (1982).

Para culturas perenes, pode-se utilizar a adubação a lanço com incorporação, antes do plantio. No entanto, o uso dessa prática dependerá da espécie de planta, valor agregado da produção, riscos, possibilidade de culturas intercalares para pagar todo ou parte do investimento no estabelecimento das culturas perenes. O modo mais utilizado para as culturas perenes tem sido a colocação do fertilizante na cova ou no sulco de plantio, associado a adubações anuais na projeção das copas, com ou sem incorporação.

Interpretação da análise do solo

Para fazer uma recomendação criteriosa de adubação fosfatada que ofereça opções econômicas de correção do solo, deve-se conhecer o plano de utilização da propriedade, incluindo a sequência de culturas, o prazo de utilização das áreas e a expectativa de produção.

O histórico das áreas já incorporadas ao processo produtivo auxilia na recomendação. Informações sobre quantidades e tipos de insumos já aplicados, produtividades obtidas, preparo do solo, condições climáticas e tipo de solo, por exemplo, devem ser anotadas e arquivadas pelo produtor

rural e consultadas quando houver necessidade de definir a recomendação de adubação para as culturas.

A análise de solo é um dos instrumentos mais utilizados para a recomendação de adubação. Essa recomendação baseia-se na relação existente entre os teores de nutrientes no solo e o rendimento das culturas, assim como na relação entre doses de P aplicadas e o rendimento em solos com diferentes teores de P. Por meio de experimentos de campo, com diversas culturas, são estabelecidas as respectivas doses de maior retorno econômico.

Com base no teor de argila e P extraído pelo método Mehlich-1

Na Tabela 3, apresenta-se a interpretação da análise química do solo, amostado na camada de 0 a 20 cm, para culturas anuais em sistema de sequeiro, quanto aos teores de P extraível pelo método Mehlich-1 (também denominado ácido duplo ou Carolina do Norte) e o teor de argila. Os limites de classe estabelecidos para interpretação da análise de solo correspondem aos seguintes rendimentos potenciais (%): 0 a 40, 41 a 60, 61 a 80, 81 a 90 e > 90 para o sistema de sequeiro, enquanto para o irrigado esses valores são 0 a 60, 61 a 80, 81 a 90, 91 a 100 e ≤ 100 (teor de P no solo acima do necessário para obtenção da máxima produtividade), interpretados como muito baixo, baixo, médio, adequado e alto, respectivamente. Observa-se na Tabela 3 que a interpretação varia com os teores de argila, sendo os níveis críticos de P (níveis mínimos adequados) no sistema de sequeiro iguais a 4 mg/dm³, 8 mg/dm³, 15 mg/dm³ e 18 mg/dm³ para os solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa, respectivamente, suficientes para obtenção de 80% do rendimento potencial na ausência de aplicação de P naquele ano agrícola.

Em sistemas irrigados, com culturas anuais, os níveis críticos de P são obtidos quando os teores desse elemento forem iguais a 6 mg/dm³, 12 mg/dm³, 20 mg/dm³ e 25 mg/dm³ para os solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa, respectivamente (Tabela 4), suficientes para obtenção de 90% do rendimento potencial.

Tabela 3. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas de sequeiro com culturas anuais.

| Teor de argila | Teor de P no solo | | | | |
|----------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤15 | 0 a 6,0 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | > 25,0 |
| 16 a 35 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | > 20,0 |
| 36 a 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | > 12,0 |
| >60 | 0 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

Tabela 4. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas irrigados com culturas anuais.

| Teor de argila | Teor de P no solo | | | | |
|----------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤15 | 0 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | 25,1 a 40,0 | > 40,0 |
| 16 a 35 | 0 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | 20,1 a 35,0 | > 35,0 |
| 36 a 60 | 0 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | > 18,0 |
| > 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | > 9,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

Com base no P extraído por resina trocadora de íons

A resina trocadora de íons é outro extrator para fósforo utilizado por alguns laboratórios da região. Nesse caso, a interpretação dos teores de P no solo é pouco influenciada pelo teor de argila, não havendo necessidade, portanto, de criar classes em razão dessa variável. A interpretação dessa análise, para sistemas de sequeiro e irrigado, está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método da resina trocadora de íons para recomendação de adubação fosfatada em sistemas agrícolas de sequeiro e irrigado com culturas anuais.

| Sistema agrícola | Teor de P no solo | | | | |
|------------------|--------------------------------|--------|---------|----------|------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| Sequeiro | 0 a 5 | 6 a 8 | 9 a 14 | 15 a 20 | > 20 |
| Irigado | 0 a 8 | 9 a 14 | 15 a 20 | 21 a 35 | > 35 |

Fonte: Adaptado de Lins (1987); Embrapa Cerrados dados experimentais.

Com base no P remanescente e no P extraído pelo método Mehlich-1

Além do teor de argila que influencia no nível crítico do P, quando se utiliza o método de Mehlich-1, a natureza mineralógica do solo, também afeta essa relação. O P remanescente (P-rem) é um índice da capacidade de retenção de P pelo solo (quanto maior a capacidade de retenção, menor o valor P-rem) que se relaciona com o teor de argila e sua mineralogia (Alvarez V. & Fonseca, 1990) e pode ser utilizado em substituição ao teor de argila unicamente. A determinação do P-rem é simples, rápida e foi descrita por Alvarez V. et al. (1997).

A interpretação da análise de solo, utilizando-se o P-rem e o método Mehlich-1 está apresentada nas Tabelas 6 e 7 para sistemas de sequeiro e irrigado, respectivamente. O valor do P-rem deve ser determinado em solos onde não se fez adubações fosfatadas ou com grande potencial de resposta ao P. Não é necessário repeti-lo em anos subsequentes, até porque se espera que seu valor aumente em áreas antigas, bem adubadas com P.

Independente do procedimento utilizado para interpretar o resultado da análise de P no solo, quando o teor de P estiver na faixa adequada, as expectativas de rendimento no sistema de sequeiro para as culturas de soja, feijão e milho são de no mínimo 3 t/ha, 2,5 t/ha e 7 t/ha, respectivamente. Em sistemas

irrigados, essas expectativas são de 4 t/ha para soja ou feijão, 5 t/ha para o trigo e 10 t/ha para a cultura do milho. Essas produtividades, nos dois sistemas, estão condicionadas à aplicação de calcário, adubação de manutenção adequada com P e outros nutrientes e à ausência de outros fatores limitantes (climáticos, fitossanitários e invasoras).

Tabela 6. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o P remanescente, para recomendação de adubação fosfatada em sistema de sequeiro com culturas anuais.

| P-rem | Teor de P no solo | | | | |
|---------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤10 | 0 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |
| 11 a 30 | 0 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | > 12,0 |
| 31 a 45 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | > 20,0 |
| 46 a 60 | 0 a 6,0 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | > 25,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a) e Alvarez V. et al. (1997).

Tabela 7. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o P remanescente, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas irrigados com culturas anuais.

| P-rem | Teor de P no solo | | | | |
|---------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤10 | 0 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | > 9,0 |
| 11 a 30 | 0 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | > 18,0 |
| 31 a 45 | 0 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | 20,1 a 35,0 | > 35,0 |
| 46 a 60 | 0 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | 25,1 a 40,0 | > 40,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a) e Alvarez V. et al. (1997).

O método de amostragem de solo pode ser apontado como fator limitante na obtenção de amostra representativa de uma gleba e,

consequentemente, de dados de análise de solo confiáveis. Essa limitação pode ser acentuada em áreas que receberam adubos fosfatados em sulco, principalmente, durante os três primeiros cultivos, pois ainda ocorrem zonas com alta concentração de P e zonas só com o P nativo. Limitação semelhante se observa no sistema de plantio direto onde o P, aplicado na linha, não é redistribuído pelo preparo do solo. Nessas situações, o histórico da gleba poderá ter um valor muito grande para se interpretar corretamente o resultado da análise.

Recomendação de adubação

Adubação corretiva para culturas anuais

A adubação corretiva tem por objetivo transformar o solo de baixa fertilidade em solo fértil. Leva-se em conta, para definir o nível de fertilidade a ser alcançado, o grau de exigência em fósforo das culturas que se pretende cultivar na gleba a ser adubada. Assim, por exemplo, uma rotação de culturas que inclua soja, milho, feijão, trigo e outras exige nível de disponibilidade de fósforo mais elevado do que um sistema em que se pretende implantar pastagem de *Brachiaria decumbens*, semeada com arroz de sequeiro; o investimento em fertilizante fosfatado para o primeiro sistema será maior do que para o segundo.

Duas opções são apresentadas para a adubação fosfatada corretiva: a correção do solo de uma só vez ou a correção gradativa. Estando o solo corrigido, com teor de P classificado como adequado, recomenda-se apenas a adubação de manutenção.

No caso da adubação corretiva de uma só vez, recomenda-se aplicar a quantidade de fósforo necessária (Tabela 8) a lanço, incorporando-o à camada arável para proporcionar maior volume de solo corrigido, a fim de que mais raízes tenham condições de absorver fósforo. Doses inferiores a 100 kg/ha de P_2O_5 , no entanto, devem ser aplicadas no sulco de semeadura, à semelhança da adubação corretiva gradual, descrita a seguir.

Antes da implementação de sistemas irrigados, é imprescindível que seja feita a adubação fosfatada corretiva, pois, devido aos elevados investimentos feitos no equipamento de irrigação, a fertilidade do solo não deve ser um fator de restrição da produtividade.

Tabela 8. Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados.

| Argila | Sistemas de sequeiro | | | Sistemas irrigados | | |
|---------|---|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|
| | Fósforo no solo ⁽¹⁾ | | | Fósforo no solo ⁽¹⁾ | | |
| | Muito baixa | Baixa | Média | Muito baixa | Baixa | Média |
| % | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽²⁾ ----- | | | | | |
| ≤ 15 | 60 | 30 | 15 | 90 | 45 | 20 |
| 16 a 35 | 100 | 50 | 25 | 150 | 75 | 40 |
| 36 a 60 | 200 | 100 | 50 | 300 | 150 | 75 |
| > 60 | 280 | 140 | 70 | 420 | 210 | 105 |

⁽¹⁾ Classe de disponibilidade de P no solo. Ver Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7.

⁽²⁾ Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água, para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) para termofosfatos e escórias; e total para os fosfatos naturais reativos.

Para se definir, com maior precisão, as quantidades de P como adubação corretiva, pode-se usar as fórmulas propostas na Tabela 9. Em termos médios, as recomendações de adubação fosfatada corretiva feitas utilizando-se dados das Tabelas 8 e 9 são semelhantes. Cálculos feitos para um grupo de 33 amostras de solo, utilizando-se informações da Tabela 8, e a fórmula proposta para o teor de argila da Tabela 9 para o sistema de sequeiro indicaram recomendações de P variando em ± 50 kg/ha de P₂O₅ que pode ser explicado pela menor precisão das recomendações da Tabela 8 que utiliza valores médios da classe de teor de argila para cálculo da quantidade de P a ser aplicada no solo. Comparando as recomendações feitas por meio do P-rem e do teor de argila (Tabela 9), foram obtidas variações de ± 80 kg/ha de P₂O₅ que podem ser explicadas pela maior sensibilidade do P-rem à natureza da fração argila, além de sua quantidade.

Tabela 9. Recomendação de adubação fosfatada corretiva de acordo com a disponibilidade de fósforo, calculada com o teor de argila ou de P remanescente do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados.

| Sistema agrícola | Variável | Disponibilidade de P no solo ⁽¹⁾ | | |
|------------------|-------------------------------|---|-------------------|--------------------|
| | | muito baixa | baixa | média |
| | | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽²⁾ ----- | | |
| Sequeiro | Teor de argila ⁽³⁾ | 4 x argila | 2 x argila | 1 x argila |
| Irigado | Teor de argila | 6 x argila | 3 x argila | 1,5 x argila |
| Sequeiro | P-rem ⁽⁴⁾ | 260 – (4 x P-rem) | 130 – (2 x P-rem) | 65 – (1 x P-rem) |
| Irigado | P-rem | 390 – (6 x P-rem) | 195 – (3 x P-rem) | 98 – (1,5 x P-rem) |

⁽¹⁾ Classe de disponibilidade de P no solo. Ver Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7.

⁽²⁾ Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água, para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) para termofosfatos e escórias; e total para os fosfatos naturais reativos.

⁽³⁾ Teor de argila expresso em porcentagem.

⁽⁴⁾ P remanescente expresso em mg/dm³.

À dose de P aplicada como adubação corretiva, quando a disponibilidade de P é adequada, segue-se a adubação de manutenção, nas doses indicadas no item a seguir.

A adubação corretiva gradual (Tabela 10) pode ser utilizada quando não se tem o capital para fazer a correção do solo de uma só vez, situação frequente para os solos argilosos e muito argilosos, cujas doses requeridas são elevadas. Essa prática consiste em aplicar, no sulco de semeadura, uma quantidade de P superior à indicada para a adubação de manutenção, até atingir, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Ao se aplicar as quantidades de adubos fosfatados sugeridas na Tabela 10, espera-se que, num período máximo de cinco cultivos sucessivos, o solo apresente os teores de P no nível adequado para o sistema de sequeiro.

Em outras palavras, a adubação corretiva gradual consiste em aplicar a quantidade de fósforo definida pela Tabela 8, mas de modo parcelado, acrescentando à adubação anual de manutenção uma parcela da adubação corretiva total. Como exemplo, se se define como necessária a aplicação de 200 kg/ha de P₂O₅ como adubação corretiva, essa quantidade poderá ser

aplicada em 5 anos acrescentando à adubação de manutenção (60 kg/ha de P_2O_5) os 40 kg/ha de P_2O_5 correspondente a 1/5 dos 200 kg. Portanto, adubando no sulco com 100 kg/ha de P_2O_5 durante 5 anos, estaria sendo feita a adubação corretiva de 200 kg/ha de P_2O_5 de forma gradual. O agricultor pode definir, de acordo com sua disponibilidade de recursos, em quantos anos ele vai fazer esse investimento (adubação corretiva). Quanto mais rápido isto for feito, maior será o retorno econômico.

Tabela 10. Recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual em 5 anos, de acordo com a disponibilidade de fósforo e com o teor de argila do solo, em sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro.

| Argila | Disponibilidade de P no solo ⁽¹⁾ | | |
|---------------------|---|-------|-------|
| | Muito baixa | Baixa | Média |
| % | ----- kg/ha/ano (P_2O_5) ⁽³⁾ ----- | | |
| ≤ 15 ⁽²⁾ | 70 | 65 | 63 |
| 16 a 35 | 80 | 70 | 65 |
| 36 a 60 | 100 | 80 | 70 |
| > 60 | 120 | 90 | 75 |

⁽¹⁾ Classe de disponibilidade de P no solo. Ver Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7.

⁽²⁾ Para esta classe textural, teor de (argila+silte) ≤ 15%.

⁽³⁾ Utilizar produtos com alta solubilidade em água e citrato neutro de amônio.

Adubação de manutenção

A adubação de manutenção é indicada se o nível de P do solo está classificado como adequado ou alto (Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7), e as doses de P recomendadas para essas situações são apresentadas na Tabela 11.

A dose de manutenção do nível adequado de P é apresentada em um intervalo para atender a diferentes potenciais produtivos das culturas nos diferentes sistemas. Assim, para a cultura da soja, no sistema de sequeiro, com nível de P adequado, 60 kg/ha de P_2O_5 é suficiente para se produzir 3 t/ha de grãos. Já para a cultura do milho a manutenção de 90 kg/ha P_2O_5 atende à expectativa de produtividade de 9 t/ha. Para produtividades maiores, a manutenção deve ser proporcionalmente aumentada.

Tabela 11. Recomendação de adubação de manutenção, de acordo com a classe de disponibilidade de fósforo no solo, para sistemas agrícolas com culturas anuais de sequeiro e irrigados.

| Disponibilidade de fósforo no solo ⁽¹⁾ | Sistema | |
|---|---|----------|
| | Sequeiro | Irrigado |
| | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽²⁾ ----- | |
| Adequada | 60 a 100 | 80 a 120 |
| Alta | 30 a 50 | 40 a 60 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

⁽¹⁾ Classe de disponibilidade de P. Ver tabelas 3, 4, 5, 6 e 7.

⁽²⁾ Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água, para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) para termofosfatos e escórias; e total para os fosfatos naturais reativos.

Com um teor alto de P no solo, caso haja limitação financeira, pode-se, por algum tempo, deixar de adubar com fósforo sem comprometer o potencial produtivo.

Fontes de fósforo

Entre os macronutrientes primários (N, P e K), o fósforo é o que apresenta a maior variação quanto aos tipos de fertilizantes disponíveis no mercado (Anexo 14). Esses produtos podem ser classificados quanto às solubilidades em água, citrato neutro de amônio (CNA) e ácido cítrico (AC), analisados conforme a legislação brasileira. Conhecendo-se o produto e suas solubilidades pode-se, de maneira geral, prever sua eficiência agrônômica.

Produtos com alta solubilidade em água e em CNA

São os superfosfatos simples e triplo (ambos fosfatos monocálcicos), fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP) e alguns fertilizantes complexos (N, P e K no mesmo grânulo). Apresentam mais de 90% do P total solúvel em CNA, dissolvem-se rapidamente no solo e são praticamente equivalentes quanto à capacidade de fornecimento de P às plantas.

São utilizados principalmente na forma de grãos, com a finalidade de diminuir o volume de solo com o qual reagem, reduzindo o processo de insolubilização, além de facilitar o manuseio e a aplicação. São produtos de reconhecida e elevada eficiência agrônômica para qualquer condição de solo e cultura no Cerrado e correspondem a mais de 90% do P_2O_5 , utilizado na agricultura brasileira.

Produtos insolúveis em água e em AC

Nesse grupo, estão os fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Patos de Minas, Catalão e outros), cuja dissolução no solo é muito lenta, principalmente, em condições de acidez corrigida para culturas anuais (pH em água ao redor de 6,0). Conseqüentemente, a eficiência agrônômica é muito baixa, no máximo 20% para culturas anuais, em relação aos fosfatos solúveis em água, nos primeiros anos após a aplicação.

Para as pastagens, com espécies tolerantes à acidez, em solos mais ácidos, a eficiência também é muito baixa no primeiro ano, evoluindo em geral para 35% a 80% (em relação aos fosfatos solúveis) nos anos subsequentes.

Produtos com média solubilidade em água e em CNA

Enquadram-se, nesse grupo, os fosfatos parcialmente solubilizados com ácido sulfúrico, produzidos de concentrados fosfáticos (rocha fosfática beneficiada) nacionais. Apresentam aproximadamente 50% do P total solúvel em CNA.

Testes efetuados com esses produtos no Cerrado e em outras regiões mostraram que a eficiência agrônômica em médio prazo (4 anos) foi de aproximadamente 50% em relação ao superfosfato, ou seja, apenas a fração solúvel em CNA foi aproveitada pelas culturas anuais.

Produtos insolúveis em água e com alta solubilidade em CNA ou AC

Nesse grupo, estão os termofosfatos e produtos à base de fosfato bicálcico. Apresentam mais de 90% do P total solúvel em AC e em CNA. O termofosfato magnésiano fundido, quando aplicado na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo e apresenta eficiência agrônômica equivalente aos fosfatos solúveis em água. Mostra, ainda, efeito corretivo da acidez, quando utilizado em dose elevada ou continuamente e é fonte de magnésio e silício, esse último não essencial às plantas, mas podendo ser benéfico para algumas gramíneas como o arroz e a cana-de-açúcar.

A granulação de produtos de baixa solubilidade em água resulta em dissolução mais lenta no solo e redução na eficiência agrônômica no ano da aplicação, comparando-se à forma finamente moída. A aração e a gradagem homogeneizam com o solo a fração não dissolvida dos grânulos aplicados no cultivo anterior, aumentando o efeito residual no ano subsequente, em relação à ausência de preparo do solo. De maneira geral, para serem eficientemente utilizados na forma granulada, os fertilizantes solúveis em CNA ou AC devem apresentar solubilidade em água de no mínimo 60%.

Produtos insolúveis em água e com média solubilidade em AC

Enquadram-se, nesse grupo, os fosfatos naturais sedimentares de alta reatividade (Carolina do Norte, Gafsa e outros) que vêm sendo importados nos últimos anos. O fosfato de Gafsa já foi comercializado no Brasil, principalmente na década de 1970, na forma finamente moída. Testes com algumas culturas anuais, em várias regiões, mostraram que sua eficiência, em aplicação a lanço e incorporado em solos com pH em água inferior a 6,0, é similar à dos fosfatos solúveis em água, já no ano da aplicação. Atualmente, esses produtos são comercializados na forma não moída, o que facilita a aplicação, mas resulta em menor eficiência agrônômica para culturas anuais no primeiro ano.

O fosfato de Carolina do Norte já foi avaliado em solo de Cerrado com a cultura da soja (Rein et al. 1994). Aplicado apenas no primeiro ano, a lanço e incorporado com aração e gradagem, esse produto apresentou eficiência agrônômica de 63% no primeiro cultivo e 138% no segundo, em relação ao superfosfato aplicado da mesma forma. Os rendimentos acumulados nos dois cultivos, obtidos dessas duas fontes de P foram semelhantes, o que mostra o bom potencial desses produtos para adubação corretiva, a lanço. Isso poderá ocorrer desde que seus preços sejam competitivos com os fertilizantes tradicionalmente utilizados. Para pastagens, esses fosfatos de alta reatividade têm apresentado eficiência agrônômica inicial superior à obtida com culturas anuais.

A aplicação localizada na linha de semeadura resulta em significativa redução na eficiência agrônômica inicial, pois a dissolução de produtos de baixa solubilidade depende do maior contato com o solo, o que ocorre na aplicação a lanço com incorporação. Desse modo, a utilização desses produtos na linha de semeadura pode ser recomendada na adubação de manutenção apenas para áreas já com elevada disponibilidade de P. O preparo do solo, homogeneizando o produto aplicado na linha de semeadura no cultivo anterior, favorece o efeito residual.

Embora ainda não se tenha resultados de pesquisa na região, a expectativa é de que a eficiência desses produtos seja menor em solos que tenham recebido excesso de calcário, apresentando pH em água acima de 6,0, e em solos arenosos.

Um aspecto que deve ser considerado na utilização dos fosfatos reativos é a análise de P no solo. No primeiro ano, após a aplicação desses produtos o extrator Mehlich-1, utilizado na maioria dos laboratórios da região, superestima a disponibilidade de P, pois solubiliza parte deles ainda não dissolvida no solo, resultando em teores mais altos. Esse problema desaparece quando se completa a dissolução, o que ocorre já a partir do segundo ou no máximo terceiro ano após a aplicação desses produtos, a lanço com incorporação. Com os fosfatos naturais brasileiros, de baixa reatividade, e fosfatos parcialmente solubilizados produzidos de concentrados

fosfáticos nacionais, esse problema persiste por muitos anos, principalmente, quando foram utilizadas doses de P elevadas.

Para áreas adubadas com esses produtos, recomendam-se análise do solo e a interpretação dos resultados, usando o método da resina (Tabela 5), utilizado pelos laboratórios do Estado de São Paulo e por alguns da região do Cerrado.

Efeito residual

Os adubos fosfatados que são adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, têm efeito residual nas culturas subsequentes. Os decréscimos no efeito da adubação fosfatada, com o tempo, resultam da interação de vários fatores, tais como: tipo de solo, fonte, dose e método de aplicação do fertilizante fosfatado, sistema de preparo do solo e a sequência de cultivos.

De maneira geral, o valor residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água (em relação ao efeito imediato no ano da aplicação) é de 60%, 45%, 35%, 15% e 5%, respectivamente, após 1, 2, 3, 4 e 5 anos da aplicação do fertilizante ao solo (Sousa et al, 1987b). Isso indica que, caso utilize a adubação corretiva de P, essa deve ser considerada como investimento e amortizada no período de 5 anos nas proporções de 40%, 25%, 20%, 10% e 5% após 1, 2, 3, 4 e 5 anos de aplicação do fertilizante fosfatado, respectivamente.

Quando a fonte de fósforo apresenta solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, seu desempenho melhora até o terceiro ano após sua aplicação no solo, decrescendo a partir desse período, isso se a área estiver sendo cultivada com preparo convencional (aração e gradagem). Em áreas sem preparo, a dissolução dessas fontes de fósforo para cultivos anuais é inferior, produzindo 50% menos grãos do que no preparo convencional.

Outra prática que resulta em aumento na recuperação do P, adicionado ao solo, é uma rotação de culturas que contemple espécies com alta eficiência

em extrair P. Um exemplo é a composição de sistemas de cultivos anuais com pastagens. Na Tabela 12, é apresentado o índice de recuperação do fósforo aplicado (quantidade total de P absorvida e exportada em relação à aplicada ao solo, descontando-se o P absorvido do solo sem adubação fosfatada); em uma área exclusivamente com culturas anuais por 17 anos, obteve-se, em média, 35%, ao passo que, naquela onde se introduziu a pastagem, a recuperação média foi de 56%, ou seja, 62% a mais do que no sistema composto só de culturas anuais.

Tabela 12. Fósforo recuperado em três opções de adubação fosfatada com superfosfato simples em sistema de cultivos anuais e anuais integrado com *Brachiaria humidicola*, após um período de 17 anos.

| A lanço | Fósforo aplicado (P_2O_5) | | | Fósforo recuperado | |
|---------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|----------------|
| | No sulco ou em cobertura | Total | | Anuais | Anuais e capim |
| | | Anuais ⁽¹⁾ | Anuais e capim ⁽²⁾ | | |
| kg/ha | | | % | | |
| 200 | 0 | 200 | 200 | 37 | 67 |
| 200 | 50 | 1.050 | 750 | 39 | 57 |
| 200 | 100 | 1.900 | 1.300 | 28 | 43 |

Fonte: Sousa et al. (1997).

⁽¹⁾ A área foi cultivada por 10 anos com soja, em seguida, com um plantio de milho e três ciclos da sequência milho-soja.

⁽²⁾ A área foi cultivada por 2 anos com soja, seguida de 9 anos com *Brachiaria humidicola* mais 2 anos com soja e dois ciclos da sequência milho-soja. No período em que a área esteve com braquiária, foram feitas apenas três adubações em cobertura, nos três primeiros anos.

Influência da matéria orgânica

O fósforo é um nutriente essencial para todos os seres vivos, sendo os fosfatos, sua fonte na natureza, um recurso natural não renovável. Em consequência, devem-se buscar formas de utilizá-lo de maneira mais eficiente. Uma das opções para ampliar a reciclagem e a eficiência de uso do fósforo pelas plantas é com o aumento do teor de matéria orgânica no solo. Esse

componente pode melhorar a eficiência de uso do P, como se observa na Figura 3, onde 3 t/ha de soja foram produzidas no mesmo latossolo muito argiloso com teores de P extraível (Mehlich-1) de 3 mg/dm³ e 6 mg/dm³ e, os teores médios de matéria orgânica foram de 37,3 g/kg e 28,4 g/kg, respectivamente. O maior teor de matéria orgânica no solo resultou do cultivo por nove anos de pastagem, após uma sequência de cultivos anuais e antes de voltar às culturas anuais. Outra forma de aumentar o teor de matéria orgânica no solo pode ser por meio de sistemas de preparo mínimo do solo ou de plantio direto.

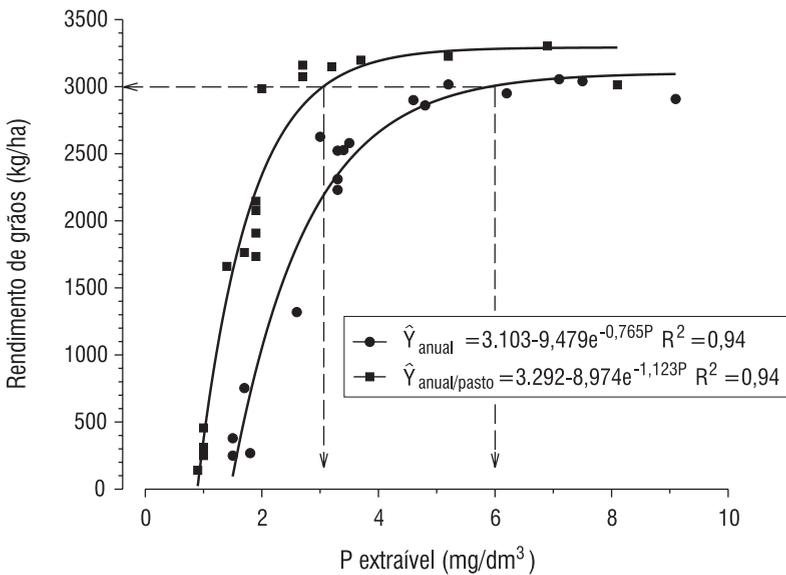


Figura 3. Efeito de dois sistemas de rotação de culturas na relação entre o P extraível (Mehlich-1) na camada de 0 a 20 cm de profundidade e o rendimento de grãos de soja cv. Cristalina no décimo terceiro cultivo.

Fonte: Sousa et al. (1997).

Referências

ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 49-55, 1990.

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. De. **Determinação do fósforo remanescente (P-rem)**. [Rio de Janeiro: s.n.], 1997. Trabalho apresentado na 2ª Reunião do Programa de Análise da Qualidade dos Laboratórios de Fertilidade realizada no período de 07 a 10 de outubro de 1997, no Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1975-1976**. Planaltina, 1976. 150 p.

LINS, I. D. **Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc**. 1987. Dissertation (Ph.D) - North Carolina State University, Raleigh.

LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região centro oeste. In: OLIVEIRA, J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J., (Ed). **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-DID,1982. p. 201-239.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Eficiência agrônômica do fosfato natural da Carolina do Norte em solo de Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais**. Petrolina: SBCS: EMBRAPA-CPATSA, 1994. p. 38-40.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC,1987a. 7 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

SOUSA, D. M. G. de; VOLKWEISS, S. J.; CASTRO, L. H .R. **Efeito residual do superfosfato triplo em função da granulação e dose e do sistema de preparo do solo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987b. 5 p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 21).

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

YOST, R. S.; NADERMAN, G. C.; KAMPRATH, E. J.; LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 462-468, 1982.

Adubação potássica

Lourival Vilela

Djalma M. Gomes de Sousa

José Eurípedes da Silva

Introdução

O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pelas plantas, e as quantidades mobilizadas decorrem da produção. A sua reserva mineral, nos solos de Cerrado, é muito pequena, insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas por cultivos sucessivos e, portanto, sua reposição ao solo deve ser feita com a adubação. O nutriente apresenta-se na forma catiônica (K^+) e seus sais apresentam alta solubilidade, o que associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos de Cerrado, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação.

A contribuição de todos esses fatores faz com que o manejo da adubação potássica (fontes, doses, métodos e época de aplicação) seja de grande importância para a manutenção e melhoria das produtividades em solos de Cerrado.

Potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas

O suprimento de potássio às plantas, na forma iônica de K^+ , varia em função da forma em que se encontra no solo, da sua quantidade e do seu grau de disponibilidade nas diferentes formas, bem como das características físicas

que afetam sua condução, através da solução do solo, até à superfície da raiz (Mielniczuk, 1978).

O teor total de potássio de um solo é constituído, principalmente, pelo potássio estrutural (90% a 98%). O potássio trocável, em solos do Rio Grande do Sul, contribui com 2% a 8% para o teor total desse elemento e o potássio na solução com apenas 0,1% a 0,2% (Goedert, 1973). Os dados da Tabela 1 mostram as quantidades de potássio trocável e potássio total de alguns solos da região do Cerrado.

Tabela 1. Potássio trocável e total, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, de alguns solos de Cerrado.

| Solos | K no solo | |
|---|-------------------|----------------------|
| | Trocável | Total ⁽¹⁾ |
| | ----- mg/kg ----- | |
| Latossolo Vermelho-Escuro argiloso | 27 | 285 |
| Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso | 31 | 144 |
| Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, fase Cerradão | 78 | 641 |
| Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, fase Cerradão | 47 | 1196 |
| Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média | 47 | 2037 |

⁽¹⁾ Adaptado de Ritchey (1979).

Para os solos de Cerrado, o potássio trocável é a fonte mais importante para as plantas. Segundo Raij (1991), na maioria dos países, o índice mais usado para avaliar a disponibilidade de potássio é a sua forma trocável. A Figura 1 ilustra a boa correlação que existe entre o potássio trocável da camada de 0 a 20 cm de profundidade de um solo de Cerrado e o rendimento de grãos de soja.

Normalmente, para recomendação de adubação potássica, determina-se o potássio extraído pelo método Mehlich-1 (K-extraível) ou com acetato de amônio (K-trocável). Em solos de Cerrado, esses dois índices são semelhantes (Sousa et al., 1979).

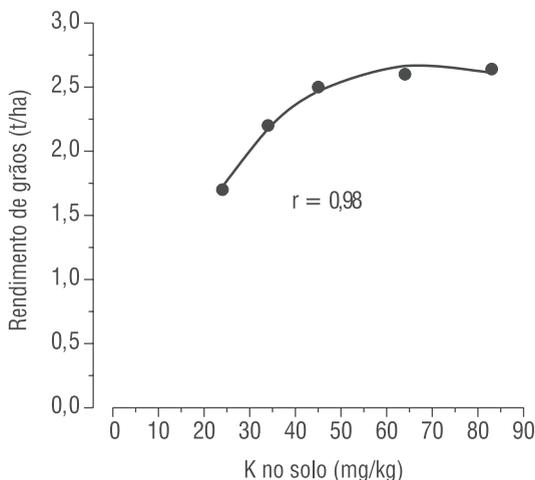


Figura 1. Rendimento de grãos de soja em função do teor de potássio extraível, (Mehlich-1) na camada de 0 a 20 cm de Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Fonte: Adaptado de Sousa & Lobato (1996).

Apesar de as plantas conseguirem absorver potássio das camadas mais profundas, a avaliação da disponibilidade, para fins de recomendações de adubação potássica, é feita apenas na camada arável. Isso se justifica pela praticidade no momento da coleta de solo e, também, por que é nela que, normalmente, concentra-se a maior atividade das raízes das principais culturas comerciais.

Outro índice de disponibilidade de potássio que vem sendo recomendado é a porcentagem de saturação desse nutriente na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Contudo, sem aprofundar sobre o tema, as considerações feitas por Raij (1991) demonstram que o potássio trocável ainda é o melhor índice de disponibilidade para as plantas. No entanto, se a preferência for utilizar a porcentagem de saturação da CTC do solo com potássio, para solos originalmente de Cerrado, recomenda-se não ultrapassar o limite de 3,0%. Para saturações de potássio acima desse limite, o potencial de perdas desse nutriente por lixiviação é grande, particularmente em Areias Quartzosas.

Resposta à adubação e seu efeito residual

As reservas de potássio da maioria dos solos da região do Cerrado são baixas e insuficientes para suprir as quantidades extraídas pelas principais culturas em plantios sucessivos. Portanto, seu suprimento às plantas deve ser feito por meio da adubação.

A resposta das principais culturas, nessa região, à adubação potássica é grande. Os dados da Figura 1 exemplificam bem a resposta a incrementos de potássio no solo. Observa-se nessa figura que o aumento no teor inicial de potássio no solo de 24 mg/kg para 45 mg/kg resultou em um acréscimo no rendimento de grãos de soja de 0,8 t/ha. Esse aumento foi obtido com a adição de 100 kg/ha de K_2O , gerando uma relação de 8,4 kg de grãos de soja para cada quilo de K_2O aplicado.

Os resultados da Figura 2 mostram a resposta do milho à adubação potássica em Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado. Verifica-se que o rendimento máximo obtido, no primeiro ano de cultivo (1975–1976), correspondeu à aplicação a lanço de 300 kg/ha de K_2O . No segundo cultivo, o rendimento máximo de milho foi obtido com o residual de 600 kg/ha de K_2O aplicados a lanço antes do primeiro cultivo.

A resposta das culturas à adubação potássica, na maioria das vezes, não tem sido tão expressiva quanto à fosfatada. No entanto, o aumento de produtividade das culturas, obtido da correção da acidez e da deficiência dos demais nutrientes, associado à insuficiência de adubações de manutenção de potássio, vem contribuindo para que as respostas a adubações potássicas aumentem cada vez mais.

O efeito residual de potássio no solo depende, principalmente, da extração pelas culturas e das perdas por lixiviação. Portanto, aumentar o rendimento de grãos e de forragem significa também aumentar a extração de potássio do solo e diminuir o efeito residual.

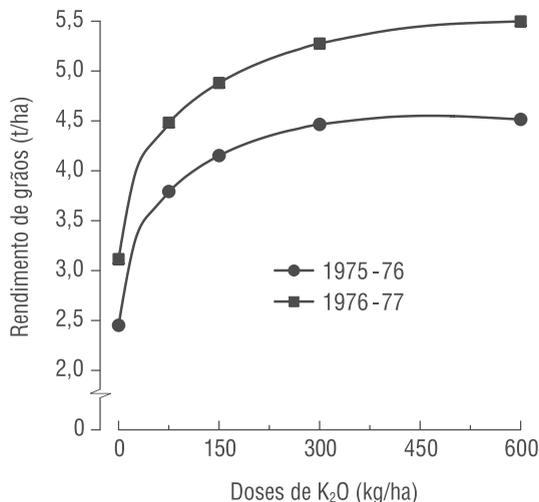


Figura 2. Rendimento de milho (Cargill 111), em função de doses de potássio aplicadas a lanço, antes do primeiro cultivo.

Fonte: Ritchey et al. (1979).

Os resultados mostrados na Figura 3 ilustram o efeito residual de doses de potássio aplicadas a lanço em dois solos da região do Cerrado. Observa-se, nessa figura, que a dose de 120 kg/ha de K₂O aplicada a lanço, antes do primeiro cultivo, no solo com 54% de argila, resultou em rendimento de grãos de soja, no segundo cultivo, pouco superior ao do primeiro (1983–1984). O decréscimo de produtividade no terceiro e quarto cultivos nessa mesma dose revela o esgotamento de potássio com o suceder dos cultivos. No entanto, essa mesma dose aplicada em uma Areia Quartzosa (12% de argila), solo com alto potencial de perdas de potássio por lixiviação e menor reserva natural desse nutriente, no segundo cultivo, resultou em rendimento de grãos de soja 50% abaixo do obtido no primeiro (1984–1985). Durante os dois primeiros cultivos desse experimento não ocorreu nenhum déficit hídrico que justificasse uma redução no rendimento de grãos de soja de tal magnitude. Dessa forma, a maior lixiviação de potássio no solo arenoso deve ter sido a principal causa da redução no rendimento de grãos de soja.

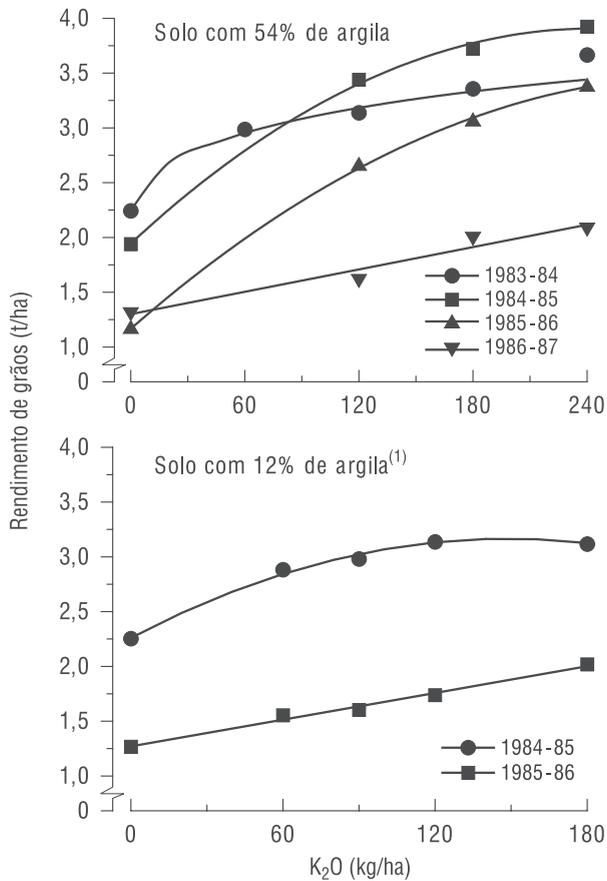


Figura 3. Rendimento de grãos de soja em função de doses de potássio aplicadas a lanço, antes do primeiro cultivo, em dois solos da região do Cerrado.

Fonte: ⁽¹⁾ Resultados adaptados de Oliveira et al. (1992).

Observa-se na Tabela 2 que o efeito residual da aplicação de adubos potássicos, em parte, está associado ao manejo dos resíduos das culturas (Vilela et al., 1986). Para uma dose única de potássio de 150 kg/ha de K₂O com a incorporação dos restos culturais, o rendimento total de grãos em oito cultivos foi equivalente ao da aplicação de 600 kg/ha de K₂O com a remoção anual dos restos culturais. Observa-se ainda que a incorporação dos restos

culturais na parcela que recebeu 150 kg/ha de K_2O proporcionou rendimento total de grãos em sete colheitas, semelhante àquela obtida com 150 kg/ha de K_2O , mais cinco aplicações anuais de 100 kg/ha de K_2O , com a remoção dos restos culturais. A redução de rendimento de grãos no oitavo cultivo, na área com incorporação dos restos culturais e onde se aplicou 600 kg/ha de K_2O apenas no primeiro cultivo, mostra o esgotamento do potássio aplicado inicialmente.

Tabela 2. Rendimentos de grãos de milho (Cargill 111), de soja (Sta. Rosa e Paraná) e de arroz (IAC 47), durante oito cultivos, em função de doses de K_2O , aplicadas a lanço em 1975, em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa.

| Doses de K_2O | Anos agrícolas/Culturas | | | | | | | | Total |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 75-76 | 76-77 | 77-78 | 78-79 | 79-80 | 80-81 | 81-82 | 82-83 | |
| | Milho | Milho | Soja | Milho | Arroz | Milho | Soja | Milho | |
| | ----- kg/ha ----- | | | | | | | | |
| 0 | 2.328 | 3.126 | 1.700 | 893 | 1.051 | 0 | 701 | 94 | 9.893 |
| 600 ⁽¹⁾ | 4.712 | 5.496 | 2.623 | 6.472 | 702 | 834 | 1.920 | 2.040 | 24.803 |
| 150+IC ⁽²⁾ | 4.816 | 5.276 | 2.387 | 6.322 | 811 | 1.693 | 2.428 | 2.049 | 25.782 |
| 150+(6x100) ⁽³⁾ | 4.372 | 5.084 | 2.563 | 6.383 | 678 | 2.106 | 2.496 | 7.620 | 31.302 |

⁽¹⁾ Aplicação única de potássio a lanço, em 1975, com a retirada anual dos restos culturais.

⁽²⁾ Aplicação única de potássio a lanço, em 1975, com a incorporação anual dos restos culturais.

⁽³⁾ Com retirada anual dos restos culturais e aplicação de 150 kg/ha de K_2O a lanço, em 1975, mais 100 kg/ha de K_2O aplicados a lanço, anualmente, exceto nos anos agrícolas de 1975-1976 e 1977-1978.

Fonte: Adaptado de Vilela et al. (1986).

A incorporação dos restos culturais, além de reduzir a exportação de potássio do solo, aumenta a CTC efetiva dele. Na área em que os restos culturais foram incorporados (Tabela 2), após o sétimo cultivo a CTC efetiva do solo era de 4,1 $cmol_c/dm^3$, enquanto, nas demais, esse parâmetro variou de 3,1 $cmol_c/dm^3$ a 3,3 $cmol_c/dm^3$. Como se sabe, para uma mesma dose de potássio aplicada em dois solos, o potencial de perdas por lixiviação é maior naquele que apresenta a menor CTC.

Lixiviação de potássio

A lixiviação de potássio é função, principalmente, do teor desse nutriente na solução do solo e da quantidade de água que percola através do perfil do solo. Diversos fatores influem na concentração de potássio na solução do solo, sendo os principais: capacidade de troca de cátions e a força de adsorção desse nutriente pelo solo.

A força de adsorção depende da natureza das superfícies de troca (tipo de argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos) e da porcentagem de sítios de troca, ocupados por potássio em relação ao número total de pontos de troca. Como a CTC efetiva e a força de adsorção de potássio dos solos de Cerrado são normalmente baixas, a aplicação de doses de adubos potássicos de forma inadequada poderá proporcionar perdas consideráveis desse nutriente por lixiviação.

A calagem aumenta a CTC e, conseqüentemente, fornece mais sítios de troca para retenção de potássio. Na Figura 4, para o solo com calagem, verifica-se maior teor de K na camada de 0 a 15 cm de profundidade, enquanto, no solo sem calagem, a maior concentração desse elemento situa-se na camada de 45 cm a 60 cm de profundidade, o que caracteriza a lixiviação do potássio.

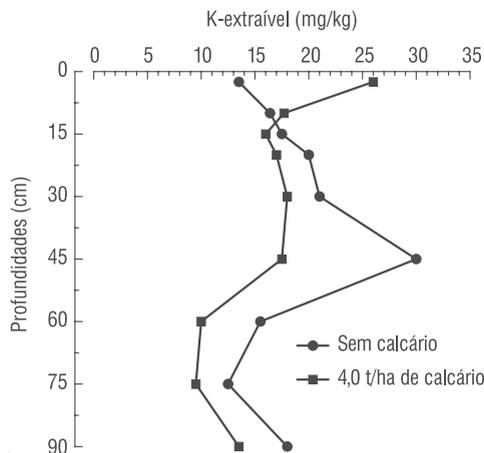


Figura 4. Influência da aplicação de calcário na lixiviação de potássio em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso da região do Cerrado.

Fonte: adaptado de Vilela et al. (1986).

O modo de aplicação de adubos potássicos é uma opção para reduzir as suas perdas por lixiviação e, assim, aumentar seu efeito residual. A aplicação no sulco, ocupa menor volume de solo e gera maior concentração desse nutriente na solução do solo, o que pode provocar perdas desse elemento por lixiviação, em relação à mesma dose aplicada a lanço.

Os resultados apresentados na Figura 5 ilustram o efeito de doses e do modo de aplicação de potássio na lixiviação desse nutriente. Verifica-se que a lixiviação de potássio foi maior na dose de 120 kg/ha de K_2O do que na de 60 kg/ha de K_2O , aplicadas no sulco de plantio. Analisando-se a dose de 120 kg/ha de K_2O , a lixiviação de potássio foi maior na aplicação no sulco de plantio do que a lanço.

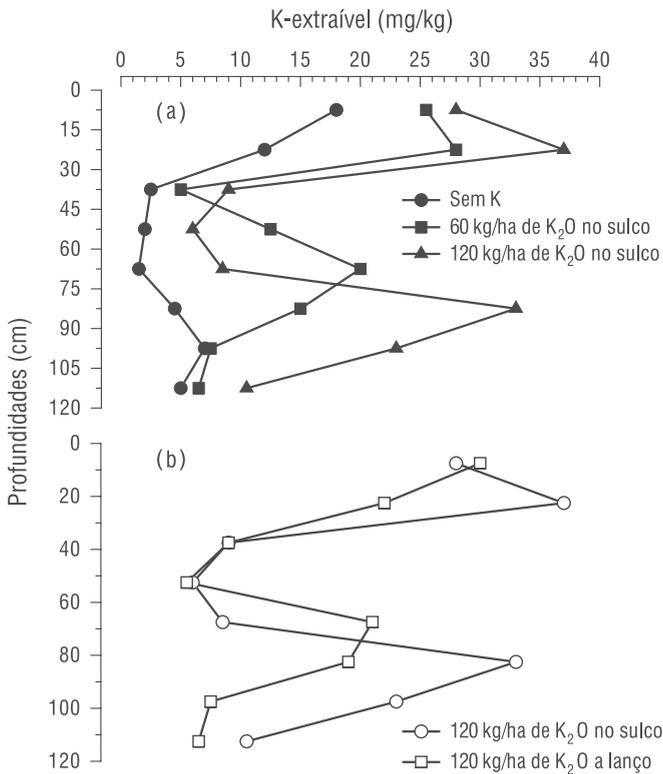


Figura 5. Efeito de doses (a) e modo (b) de aplicação de potássio na lixiviação desse nutriente em um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso da região do Cerrado.

Manejo da adubação

O uso eficiente de adubos potássicos deve considerar os fatores que aumentam seu efeito residual e o rendimento das culturas por unidade de potássio aplicado no solo. Entre esses fatores, doses, fontes e modo de aplicação são os mais importantes.

A determinação da dose adequada de adubos potássicos decorre, principalmente, da extração desse elemento pelas culturas, perdas por lixiviação e dos seus teores no solo. Portanto, a realização de adubações potássicas eficientes deve iniciar pela amostragem do solo para análise química e pelo levantamento do histórico (tipo de solo, adubações, rendimento, etc.) da área a ser adubada. A amostragem de solo dar-se-á com determinados cuidados porque, devido ao efeito da lavagem de K^+ dos tecidos vegetais, que ocorre no final do ciclo da cultura, o nutriente concentra-se nas proximidades da linha de plantio (Silva & Ritchey, 1982).

Quanto a fontes de adubos potássicos, existem poucas opções. No Brasil, a maioria do adubo potássico é comercializado na forma de cloreto de potássio (KCl), sendo essa a fonte mais econômica. Nesse contexto, doses e modo de aplicação de adubos são os principais componentes do manejo da adubação potássica que podem ser controlados pelos produtores.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados de pesquisa em que se avaliou o efeito de doses e do modo de aplicação de potássio em um solo argiloso de Cerrado. Nessa tabela, verifica-se a maior eficiência da aplicação anual de doses menores de potássio em relação à dose única mais elevada aplicada no primeiro cultivo. A eficiência da adubação corretiva de potássio (100 kg/ha de K_2O , feita a lanço), seguida de adubações de manutenção, aplicadas, anualmente, no sulco de plantio foi intermediária às duas possibilidades mencionadas.

A aplicação parcelada de adubos potássicos é outra opção para aumentar a eficiência de uso desse nutriente em solos arenosos. Os resultados da Tabela 4, obtidos em diferentes solos da região do Cerrado, ilustram o aumento da eficiência devido a essa prática da adubação potássica (KCl) em

uma Areia Quartzosa. O acréscimo no rendimento de soja, em virtude do parcelamento da dose de 60 kg/ha de K_2O , em relação a sua aplicação no sulco de plantio, foi 14% (seis sacas de 60 kg de grãos de soja). Em solos mais argilosos, com CTC mais elevada, o parcelamento de doses de potássio não tem proporcionado aumentos significativos de produção (Tabela 4). Portanto, nessas condições, isso pode significar apenas aumento de custo, por causa das operações adicionais de máquinas. Para culturas em que a adubação de cobertura com nitrogênio é necessária, o parcelamento da dose do adubo potássico é recomendável.

Tabela 3. Balanço de potássio na camada de 0 a 90 cm de profundidade de solo Glei Pouco-Húmico, textura argilosa, após quatro cultivos com soja cv. Savana.

| Doses de K_2O | Potássio (K) | | | | Eficiência de uso ⁽²⁾ (Ef) |
|---|-------------------|-----------------|---------------|---------------------------|--|
| | Aplicado (Ka) | Inicial (Ki) | Final (Kf) | Exportado no grão (kg) | |
| | ----- kg/ha ----- | | | | % |
| 60 a lanço anual | 199 | 102 | 52 | 230 | 90 |
| 240 a lanço no 1º ano | 199 | 102 | 25 | 227 | 75 |
| 100 a lanço ⁽¹⁾ +60 no sulco anual | 282 | 102 | 80 | 254 | 82 |

⁽¹⁾ Os 100 kg/ha de K_2O foram aplicados apenas no primeiro cultivo.

⁽²⁾ $Ef = [(Kg + Kf) - Ki] \times 100/Ka$.

Tabela 4. Efeito do modo de aplicação de potássio no rendimento de grãos de soja (Savana, Paraná e IAC 8), em três solos de Cerrado.

| Modo de aplicação | Doses de K_2O | Solos | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | | Glei Pouco-Húmico, argiloso | Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso | Areia Quartzosa ⁽²⁾ |
| | | ----- kg/ha ----- | | |
| | 0 | 2242 | 1045 | 2252 |
| no sulco | 60 | 2985 | 1392 | 2618 |
| a lanço | 60 | 2945 | 1457 | 2881 |
| sulco+cobertura ⁽¹⁾ | 30+30 | 2981 | 1464 | 2979 |

⁽¹⁾ A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência das plantas de soja.

⁽²⁾ Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1992).

Doses de cloreto de potássio mais elevadas, quando aplicadas no sulco de plantio, podem apresentar efeitos depressivos em algumas culturas. O efeito salino do cloreto de potássio, sobre a germinação das sementes, em condições de estresse hídrico, é apontado como a principal causa de redução de rendimento verificado em alguns estudos. O risco de ocorrer esse efeito depressivo é pequeno até a dose de 100 kg/ha de KCl (60 kg/ha de K_2O), aplicada no sulco de plantio.

Em solos com baixa CTC onde as perdas de potássio por lixiviação podem ser acentuadas, o emprego de adubos potássicos deve ser preferencialmente a lanço. Para doses acima de 40 kg/ha de K_2O a serem aplicadas em solos que apresentam CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 $cmol_c/dm^3$, o parcelamento deve ser o modo preferencial.

Recomendação de adubação

A análise química do solo para potássio permite determinar, com boa precisão, a dose de adubo potássico a ser aplicada para corrigir a deficiência desse nutriente.

Para os solos da região do Cerrado, têm-se adotado dois sistemas de correção da deficiência de potássio. O primeiro, conhecido como adubação corretiva total, consiste em aplicar doses de potássio para corrigir a deficiência, seguida de aplicações anuais para repor a extração de potássio pelas culturas. O outro, adubação corretiva gradual, consiste em aplicar anualmente doses de potássio pouco acima da necessidade das culturas.

As recomendações de doses de potássio de acordo com a análise química do solo estão na Tabela 5. Observa-se, nessa tabela, que a recomendação de adubação potássica foi subdividida em duas classe de CTC, a saber: a) solos com CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 $cmol_c/dm^3$; b) solos com CTC a pH 7,0 maior ou igual a 4,0 $cmol_c/dm^3$. É importante lembrar que nos solos com CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 $cmol_c/dm^3$, o potencial de perdas de potássio por lixiviação é grande. Nesse caso, recomenda-se o parcelamento para doses acima de 40 kg/ha de K_2O ou a sua aplicação a

lanço. Doses de potássio acima de 100 kg/ha de K_2O , independente da CTC do solo, devem ser, preferencialmente, parceladas ou aplicadas a lanço.

Tabela 5. Interpretação da análise do solo e recomendação de adubação corretiva de K para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos de Cerrado.

| Teor de K | Interpretação | Corretiva total | Corretiva gradual |
|--|-------------------------|------------------------------|-------------------|
| ---- mg/kg ---- | | ----- kg de K_2O /ha ----- | |
| CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 cmolc/dm ³ | | | |
| ≤ 15 | Baixo | 50 | 70 |
| 16 a 30 | Médio | 25 | 60 |
| 31 a 40 | Adequado ⁽¹⁾ | 0 | 0 |
| > 40 | Alto ⁽²⁾ | 0 | 0 |
| CTC a pH 7,0 igual ou maior do que 4,0 cmolc/dm ³ | | | |
| ≤ 25 | Baixo | 100 | 80 |
| 26 a 50 | Médio | 50 | 60 |
| 51 a 80 | Adequado ⁽¹⁾ | 0 | 0 |
| > 80 | Alto ⁽²⁾ | 0 | 0 |

⁽¹⁾ Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se uma adubação de manutenção de acordo com a expectativa de produção.

⁽²⁾ Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se 50% da adubação de manutenção ou da extração de potássio esperada ou estimada com base na última safra.

Fonte: Adaptado de Sousa & Lobato (1996).

Se o teor de potássio no solo for interpretado como adequado (Tabela 5), para evitar o decréscimo desse nutriente, recomenda-se aplicar anualmente adubações de manutenção para repor o extraído pelas culturas. Para os solos que apresentam altos teores de potássio, até atingir teores adequados, podem ser adotadas adubações de manutenção equivalentes a 50% da extração de potássio. Na Tabela 6, são apresentadas as extrações de potássio das principais culturas na região do Cerrado. Exemplificando, para expectativas de produção de 3,0 t/ha de grãos de soja e 8,0 t/ha de milho, devem ser aplicados respectivamente, no mínimo, 60 kg/ha e 48 kg/ha de K_2O por plantio, isso, considerando-se que não haja perdas por lixiviação e que os restos culturais sejam mantidos na superfície ou incorporados. Se a cultura de

interesse não constar nessa tabela, os resultados de extração de potássio obtidos em outras regiões podem ser utilizados, com boa precisão, para determinar a reposição desse nutriente.

Tabela 6. Extração de potássio por algumas culturas e forrageiras cultivadas na região do Cerrado.

| Culturas/forrageiras ⁽¹⁾ | Parte colhida | Extração de K ₂ O |
|-------------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | kg/t |
| Arroz | Grãos | 3,6 |
| Milho | Grãos | 6,0 |
| Sorgo | Grãos | 6,0 |
| Soja | Grãos | 20 |
| Feijão | Grãos | 25 |
| Capim Napier | Parte aérea | 24 |
| Capim Marandu | Parte aérea | 22 |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | Parte aérea | 16 |

⁽¹⁾ Os dados dos cereais e das forrageiras foram adaptados de Cantarella et al. (1996) e Werner et al. (1996), respectivamente.

No cultivo de milho e capim Napier para silagem, a extração de potássio pode ser muito grande, dependendo da produção de biomassa alcançada. Por exemplo, para produzir 40 t/ha de silagem de capim Napier a extração de potássio é da ordem de 960 kg/ha de K₂O. Portanto, em cultivos destinados à produção de silagem e feno, a negligência com a adubação potássica pode resultar em grandes prejuízos.

Referências

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., (Ed.) **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p.

GOEDERT, W. J. **Cation equilibria in soils of Rio Grande do Sul**. 1973. 200 f. Thesis (PhD Soil Science) - University of Wisconsin, Madison.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1978. 80 p. (POTAFOS. Boletim, 2).

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. Doses e métodos de aplicação de potássio na soja em solo dos Cerrados da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 11 p. 1485-1495, 1992.

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

RITCHEY, K. D. **Potassium fertility in oxisols and ultisols of the Humid Tropics**. Ithaca: Cornell University, 1979. 45 p. (Cornell International Agriculture. Bulletin, 37).

RITCHEY, K. D.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 29-32, 1979.

SILVA, J. E. da; RITCHEY, K. D. Acumulação diferencial de potássio em oxissolos devido à lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 183-188, 1982.

SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; RITCHEY, K. D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 33-36, 1979.

VILELA, L.; SILVA, J. E.; RITCHEY, K. D.; SOUSA, D. M. G. de. Potássio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]; EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 203-222.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p.

Micronutrientes

Enéas Zaborowsky Galvão

Introdução

A aplicação de micronutrientes nos solos de Cerrado constitui uma prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos de diversas culturas. As principais razões para adotá-la são: carência desses nutrientes na maioria dos solos, notadamente zinco; cultivo de variedades com alto potencial de rendimento e, conseqüentemente, com alta demanda por macro e micronutrientes; uso crescente de fertilizantes de alta concentração que contém menores quantidades de micronutrientes como impurezas.

Neste Capítulo, serão mostrados exemplos de respostas de algumas culturas à aplicação de micronutrientes e recomendações de adubação para as principais culturas da região do Cerrado com esses nutrientes.

Zinco

O efeito do zinco (Zn) no rendimento de grãos de arroz, milho e soja é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Rendimento de grãos de arroz (cv. IAC-25), milho (híbrido Cargill 111) e soja (cv. Doko), mediante aplicação de zinco, num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase Cerrado.

| Zinco aplicado | Cultivo | | | |
|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 ^o | 2 ^o | 3 ^o | 4 ^o |
| | Arroz | Arroz | Milho | Soja |
| kg/ha | ----- t/ha----- | | | |
| 0 | 0,11b | 0,47b | 4,60b | 1,74b |
| 6 | 1,17a | 2,00a | 6,51a | 1,95a |
| CV (%) | 22,7 | 16,4 | 11,5 | 8,0 |

Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%. Umidade dos grãos corrigida para 13%.

Fonte: adaptado de Galrão (1984).

Sua aplicação causou aumento de 1,06 t/ha; 1,53 t/ha; 1,91 t/ha e 0,21 t/ha de grãos, respectivamente, no primeiro, segundo, terceiro e quarto cultivos. A resposta ao zinco ocorreu porque seu teor no solo era de 0,4 mg/dm³ e estava abaixo do nível crítico de 1,0 mg/dm³. A dose de 6 kg/ha de zinco, aplicada a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, foi suficiente para manter bons rendimentos de grãos nos quatro cultivos, o que evidencia o prolongado efeito residual desse micronutriente.

O efeito de doses de zinco, aplicadas via foliar, no rendimento do cafeeiro é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Efeito do zinco, aplicado via foliar, no rendimento do cafeeiro (var. Bourbon Vermelho), cultivado num Latossolo Vermelho-Escuro, fase Cerrado.

| Sulfato de zinco | Número de pulverizações | Café beneficiado (média de duas colheitas) |
|------------------|-------------------------|--|
| g/cova/ano | | t/ha |
| 0 | 0 | 1,06b |
| 1 | 1 | 1,00b |
| 2 | 1 | 1,45a |

As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Turkey ao nível de 5%. Fonte: adaptado de Silva & Almeida (1975).

A dose de 2 g/cova/ano de sulfato de zinco, aplicada em uma única pulverização, foi suficiente para provocar aumento, em relação à testemunha, de 0,39 t/ha de café beneficiado.

Cobre

O efeito do cobre (Cu) no rendimento de grãos de soja é mostrado na Tabela 3. Sua aplicação causou aumento de 0,58 t/ha, 0,41 t/ha e 0,47 t/ha de grãos, respectivamente, no segundo, terceiro e quarto cultivos. A resposta da soja ao cobre decorreu de seu baixo teor no solo (<0,1 mg/dm³). A dose de 2 kg/ha de cobre, aplicada a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, foi suficiente para manter bons rendimentos de grãos nos quatro cultivos, o que evidencia o prolongado efeito residual desse nutriente.

Tabela 3. Rendimento de grãos de soja (cv. Savana), em função da aplicação de cobre, num Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, fase Cerrado.

| Cobre aplicado | Grãos | | | |
|----------------|------------------|------------|------------|------------|
| | 1º cultivo | 2º cultivo | 3º cultivo | 4º cultivo |
| kg/ha | ----- t/ha ----- | | | |
| 0 | 2,33a | 2,02b | 2,63b | 2,66b |
| 2 | 2,44a | 2,60a | 3,04a | 3,13a |
| CV(%) | 7,0 | 6,0 | 9,0 | 9,0 |

Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%. Umidade dos grãos corrigida para 13%.

Fonte: adaptado de Galvão (1991).

No Município de Barreiras, BA onde predominam o Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média (15% a 35% de argila) e Areias Quartzosas (<15% de argila) (Verdésio, 1986), o uso do cobre é indispensável para o cultivo da soja.

Os dados da Tabela 4 mostram o efeito do cobre no rendimento de grãos de trigo.

Tabela 4. Rendimento de grãos e esterilidade masculina em quatro cultivos de trigo (var. BR-10) em resposta a doses de cobre aplicadas num solo orgânico de várzea.

| Cobre aplicado | Grãos | | | | Esterilidade masculina | | | |
|----------------|------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
| | 1º | 2º | 3º | 4º | 1º | 2º | 3º | 4º |
| kg/ha | ----- t/ha ----- | | | | ----- % ----- | | | |
| 0 | 3,28a | 4,24a | 2,63a | 3,91a | 18,4a | 15,9a | 11,2a | 12,4a |
| 2 | 4,29b | 5,77b | 3,60b | 5,13b | 4,3b | 4,4b | 2,9b | 4,5b |
| CV (%) | 11,2 | 10,9 | 8,5 | 9,3 | 23,3 | 38,5 | 28,1 | 20,7 |

Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%. Umidade dos grãos corrigida para 13%.

Fonte: adaptado de Galrão (1988).

A menor dose de cobre, 2 kg/ha, aplicada a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, foi suficiente para aumentar o rendimento de grãos em 1,01 t/ha; 1,53 t/ha; 0,97 t/ha e 1,22 t/ha e reduzir a esterilidade masculina em 77%, 72%, 74% e 64%, respectivamente, no primeiro, segundo, terceiro e quarto cultivos.

Boro

O efeito do boro (B) no rendimento de grãos de trigo é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5. Rendimento de grãos de trigo (var. BR 10), esterilidade masculina e número de grãos por espiga em três cultivos com doses de boro aplicadas num solo orgânico de várzea.

| Boro aplicado | Grãos | | | Esterilidade masculina | | | Nº de grãos/espiga | | |
|---------------|------------------|------|------|------------------------|------|-------|--------------------|-----|------|
| | 1º | 2º | 3º | 1º | 2º | 3º | 1º | 2º | 3º |
| kg/ha | ----- t/ha ----- | | | ----- % ----- | | | | | |
| 0 | 4,0a | 6,1a | 2,2b | 9,6a | 6,4a | 51,6a | 25a | 27a | 12b |
| 0,6 | 4,0a | 6,2a | 3,3a | 5,9b | 3,2b | 6,0b | 26a | 27a | 31a |
| 1,2 | 4,0a | 6,0a | 3,3a | 5,2b | 3,8b | 2,8b | 27a | 27a | 35a |
| CV(%) | 9,7 | 13,3 | 9,1 | 39,2 | 27,2 | 36,2 | 8,9 | 7,2 | 11,2 |

Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%. Umidade dos grãos corrigida para 13%.

Fonte: adaptado de Galrão & Sousa (1988).

No terceiro cultivo, a menor dose de boro, 0,6 kg/ha, aplicada a lanço, apenas por ocasião do primeiro cultivo, foi suficiente para reduzir a esterilidade masculina (grãos chochos) em 88%, aumentar em dezenove o número de grãos por espiga e em 1,1 t/ha o rendimento de grãos. A resposta ao boro, apenas no terceiro cultivo, foi devida à ocorrência simultânea de altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar, no período do espigamento que provocaram alta incidência de esterilidade masculina na testemunha.

Manganês

Em geral, os solos de Cerrado são bem supridos de manganês (Mn) (Lopes; Cox, 1977). Apesar disso, tem-se observado, com certa frequência, em lavouras de soja, deficiência de manganês, induzida por dose excessiva de calcário, quando calculada para atingir 70% ou mais de saturação por bases. Esses índices, conforme Sousa et al. (1990), são muito elevados para os solos da região que necessitam, para o desenvolvimento adequado da maioria das culturas, de um valor de saturação por bases em torno de 50%. Outro fator que tem contribuído para o aparecimento da deficiência de manganês na soja é a incorporação rasa do calcário (0 a 10 cm), feita, geralmente, por meio de grade que provoca grande elevação do pH nessa camada reduzindo, conseqüentemente, sua disponibilidade para a soja.

Ferro

Os resultados da análise de 518 amostras de solos de Cerrado (0 a 15 cm) indicaram que a mediana de ferro (Fe) solúvel no extrator de Mehlich-1 foi de 32,5 mg/dm³ e a amplitude de variação, de 3,7 mg/dm³ a 74,0 mg/dm³. A maioria delas (58%) possuía teores entre 25 mg/dm³ e 40 mg/dm³ de ferro. Não há qualquer sugestão de nível crítico de ferro solúvel para esses solos (Lopes, 1975). Como a maioria é ácida, não é de se esperar que ocorra deficiência desse elemento (Cox & Kamprath, 1973).

Molibdênio

A resposta de pastagem consorciada ao molibdênio (Mo), é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6. Rendimento de matéria seca de pastagem consorciada de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes capitata*, com aplicação de molibdênio, num Latossolo Vermelho-Amarelo, argiloso, fase Cerrado.

| Molibdênio | Matéria seca ⁽¹⁾ |
|------------|-----------------------------|
| kg/ha | t/ha |
| 0 | 0,97 |
| 0,2 | 1,46 |
| DMS (5%) | 0,24 |

⁽¹⁾ Média de três cortes.

Fonte: adaptado de Couto et al. (1988).

Seu efeito no aumento do rendimento de matéria seca foi de 0,49 t/ha.

Dependendo da espécie, a quantidade de molibdênio que existe na semente é suficiente para suprir adequadamente a planta que dela se origina. Para algumas espécies, foram determinados, no exterior, níveis críticos de molibdênio na semente: 0,08 mg/kg para o milho e 0,25 mg/kg, tanto para a ervilha como para o feijão. A produção de sementes com boa reserva de molibdênio constitui boa alternativa para prevenir sua deficiência em solos que necessitam desse micronutriente (Vidor & Peres, 1988).

Análise de solo

A recomendação de micronutrientes para solos de Cerrado, com base na análise química, é ainda bastante limitada devido, praticamente, à inexistência de estudos de calibração de métodos da análise do solo para esses nutrientes. A única exceção é o zinco cujo nível crítico, para uma planta exigente como o milho, é de 1,0 mg/dm³ para pH (água) ao redor de 6,0. Em pH (água) mais elevado (6,7), Lins (1987) encontrou o valor de 1,6 mg/dm³ como sendo o nível crítico de zinco para essa cultura.

Numa primeira aproximação, sugere-se, como base para a interpretação de resultados das análises dos solos da região do Cerrado, as faixas críticas constantes na Tabela 7.

Tabela 7. Interpretação de resultados de análise de micronutrientes em solos de Cerrado.

| Teor | B (água quente) | Cu | Mn Mehlich 1 ⁽¹⁾ | Zn |
|-------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | |
| Baixo | 0 a 0,2 | 0 a 0,4 | 0 a 1,9 | 0 a 1,0 |
| Médio | 0,3 a 0,5 | 0,5 a 0,8 | 2,0 a 5,0 | 1,1 a 1,6 |
| Alto | > 0,5 | > 0,8 | > 5,0 | > 1,6 |

⁽¹⁾Mehlich-1 (HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,0125 mol/L), na relação solo: solução de 1:10 e com cinco minutos de agitação.

Caso tenha sido empregado o DTPA como extrator, pode-se usar para a interpretação de resultados das análises dos solos a Tabela 8, elaborada para o Estado de São Paulo, uma vez que as recomendações são as mesmas, independente do extrator.

Tabela 8. Interpretação de resultados de análise de micronutrientes em solos do Estado de São Paulo.

| Teor | Cu | Fe | Mn | Zn |
|-------------------------------|----------------|--------|-----------|-----------|
| | -----DTPA----- | | | |
| -----mg/dm ³ ----- | | | | |
| Baixo | 0 a 0,2 | 0 a 4 | 0 a 1,2 | 0 a 0,5 |
| Médio | 0,3 a 0,8 | 5 a 12 | 1,3 a 5,0 | 0,6 a 1,2 |
| Alto | > 0,8 | > 12 | > 5,0 | > 1,2 |

Fonte: Raij, B. van et al. (1966).

A análise do solo pode ser usada na monitoração dos teores dos micronutrientes ao longo das culturas para detectar problemas de deficiência ou de excesso.

Para se ter mais segurança no monitoramento da disponibilidade de micronutrientes para as plantas recomenda-se a análise foliar.

Análise foliar

A análise química da folha também poderá auxiliar na recomendação de micronutrientes, principalmente, para as culturas perenes. No caso das culturas anuais, o período gasto entre a amostragem das folhas e o processamento das análises, na maioria dos casos, não permite que a correção da deficiência seja feita em tempo hábil. Desse modo, a correção da deficiência será feita para atender às necessidades da cultura subsequente. Assim como a análise de solo, a análise foliar pode ser usada ao longo das culturas para detectar problemas de deficiência ou de toxidez. No Capítulo 10, estão descritos os procedimentos para amostragem de folhas e na Tabela 9, são apresentadas as faixas adequadas de concentração dos micronutrientes nas folhas de algumas culturas.

Tabela 9. Faixa de suficiência de micronutrientes em folhas de plantas anuais e perenes e na parte aérea de forrageiras.

| Cultura | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|
| -----mg/kg----- | | | | | | |
| Culturas anuais | | | | | | |
| Algodão ⁽¹⁾ | 40-100 | 8-20 | 50-250 | 50-350 | 1-2 | 20-60 |
| Amendoim ⁽¹⁾ | 20-60 | 10-50 | 50-300 | 50-350 | 0,1-1,4 | 20-150 |
| Arroz ⁽³⁾ | 4-25 | 3-25 | 70-200 | 70-400 | 0,1-0,3 | 10-50 |
| Aveia ⁽³⁾ | 5-20 | 5-25 | 40-150 | 25-100 | 0,2-0,3 | 15-70 |
| Cevada ⁽³⁾ | 5-20 | 5-25 | 25-100 | 20-100 | 0,1-0,2 | 15-70 |
| Ervilha ⁽⁴⁾ | 100-110 | 15-20 | 100-120 | 40-50 | 0,6-1,0 | 80-100 |
| Feijão ⁽⁵⁾ | 15-26 | 4-20 | 40-140 | 15-100 | 0,5-1,5 | 18-50 |
| Girassol ⁽⁵⁾ | 35-100 | 25-100 | 80-120 | 10-20 | - | 30-80 |
| Mandioca ⁽⁸⁾ | 15-50 | 5-25 | 60-200 | 25-100 | 0,11-0,18 | 35-100 |
| Milho ⁽³⁾ | 10-25 | 6-20 | 30-250 | 20-200 | 0,1-0,2 | 15-100 |
| Soja ⁽⁵⁾ | 21-55 | 10-30 | 50-350 | 20-100 | 1,0-5,0 | 20-50 |
| Sorgo ⁽³⁾ | 4-20 | 5-20 | 65-100 | 10-190 | 0,1-0,3 | 15-50 |
| Trigo ⁽¹⁾ | 5-20 | 5-25 | 50-150 | 25-100 | 0,1-0,2 | 15-70 |

Continua...

Tabela 9. Continuação.

| Cultura | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|------------------------------------|-----------------|-------|---------|----------|-----------|--------|
| | -----mg/kg----- | | | | | |
| Culturas perenes | | | | | | |
| Abacate ⁽¹⁾ | 50-100 | 5-15 | 50-200 | 30-650 | - | 30-150 |
| Abacaxi ⁽¹⁾ | 30-40 | 9-12 | 100-200 | 50-200 | - | 10-15 |
| Acerola ⁽²⁾ | 25-100 | 5-15 | 50-100 | 15-50 | - | 30-50 |
| Banana ⁽²⁾ | 10-25 | 6-30 | 80-360 | 200-2000 | - | 20-50 |
| Café ⁽¹⁾ | 40-100 | 6-50 | 70-300 | 50-300 | 0,1-0,5 | 10-70 |
| Cana-de-açúcar ⁽⁶⁾ | 10-30 | 6-15 | 40-250 | 25-250 | 0,05-0,20 | 10-50 |
| Citros ⁽¹⁾ | 35-100 | 5-20 | 50-200 | 25-500 | 0,1-1,0 | 25-200 |
| Eucalipto ⁽⁷⁾ | 30-50 | 7-10 | 150-200 | 400-600 | 0,5-1,0 | 35-50 |
| Goiaba ⁽⁴⁾ | - | 10-16 | 144-162 | 202-398 | - | 28-32 |
| Mamão ⁽²⁾ | 20-30 | 4-10 | 25-100 | 20-150 | - | 15-40 |
| Manga ⁽²⁾ | 50-100 | 10-50 | 50-200 | 50-100 | - | 20-40 |
| Maracujá ⁽²⁾ | 40-100 | 10-15 | 120-200 | 40-250 | 1,0-1,2 | 25-60 |
| Pinus ⁽⁷⁾ | 12-25 | 4-7 | 100-200 | 250-600 | - | 30-45 |
| Pupunha ⁽⁶⁾ | 12-30 | 4-10 | 40-200 | 30-150 | - | 15-40 |
| Seringueira ⁽⁶⁾ | 20-70 | 10-15 | 50-120 | 40-150 | - | 20-40 |
| Forrageiras | | | | | | |
| Andropogon ⁽⁹⁾ | 10-20 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| <i>B. brizantha</i> ⁽⁹⁾ | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| <i>B. decumbens</i> ⁽⁹⁾ | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| Coast-cross ⁽⁹⁾ | 10-25 | 4-14 | 50-200 | 40-200 | - | 30-50 |
| Colonião ⁽⁹⁾ | 10-30 | 4-14 | 50-200 | 40-200 | - | 20-50 |
| Guandu ⁽⁹⁾ | 20-50 | 6-12 | 40-200 | 40-200 | - | 25-50 |
| Leucena ⁽⁹⁾ | 25-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | - | 20-50 |
| Napier ⁽⁹⁾ | 10-25 | 4-17 | 50-200 | 40-200 | - | 20-50 |
| Soja perene ⁽⁹⁾ | 30-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | - | 20-50 |
| <i>Stylosanthes</i> ⁽⁹⁾ | 25-50 | 6-12 | 40-250 | 40-200 | - | 20-50 |
| Tifton ⁽⁹⁾ | 5-30 | 4-20 | 50-200 | 20-300 | - | 15-70 |

Fonte: ⁽¹⁾ Bataglia (1991); ⁽²⁾ Quaggio et al. (1996); ⁽³⁾ Cantarella et al. (1996); ⁽⁴⁾ Malavolta et al. (1989); ⁽⁵⁾ Ambrosano et al. (1996); ⁽⁶⁾ Raij & Cantarella (1996); ⁽⁷⁾ Gonçalves et al. (1996); ⁽⁸⁾ Lorenzi et al. (1996); ⁽⁹⁾ Werner et al. (1996).

Sintomas de deficiências

Em muitos casos, por meio dos sintomas visuais é possível identificar deficiências de micronutrientes. Quando os sintomas não forem bem nítidos,

recomenda-se proceder à análise foliar. Na Tabela 10 são descritos os principais sintomas de deficiências de micronutrientes em algumas culturas.

Tabela 10. Principais sintomas de carência de micronutrientes encontrados em algumas culturas.

| Micronutriente | Cultura | Descrição |
|----------------|-------------------------------|---|
| Boro | Algodão ⁽¹⁾ | Folhas novas menores e deformadas com cortiça nas nervuras; "maçãs" menores, caindo prematuramente. Morte das gemas |
| | Amendoim ⁽¹⁾ | Internódios curtos, folhas pequenas e manchadas e superbrotação das hastes; grãos das vagens chochos e escurecidos internamente |
| | Cana-de-açúcar ⁽¹⁾ | Secamento e enrolamento das folhas novas próximas do palmito |
| | Eucalipto ⁽¹⁾ | Folhas menores e encarquilhadas; rachaduras na casca e exsudação de goma |
| | Girassol ⁽²⁾ | Capítulos de tamanho reduzido, deformados, com as sementes chochas no centro, deformação e bronzeamento das folhas e, em casos severos, com abscisão do capítulo |
| | Mandioca ⁽¹⁾ | Folhas menores e com amarelecimento entre as nervuras |
| | Milho ⁽¹⁾ | Internódios curtos, espigas mal granadas |
| | Soja ⁽¹⁾ | Folhas novas amareladas entre as nervuras com as pontas encurvadas para baixo; encarquilhamento das folhas; morte das gemas terminais; pouca ou nenhuma floração; raízes atrofiadas |
| | Trigo ⁽¹⁾ | Esterilidade masculina (grãos chochos) |
| | Laranja ⁽¹⁾ | Encurtamento de internódios; morte da gema terminal; superbrotamento, folhas menores e deformadas; frutos com albedo grosso e goma nos gomos |
| Cobre | Café ⁽³⁾ | A deficiência ocorre nas folhas novas, principalmente em plantas jovens e em mudas. As folhas tornam-se onduladas na página superior, com nervuras salientes, encurvando-se para baixo (forma de orelha-de-zebu). Os sintomas evoluem para as folhas mais velhas que, além de encurvadas para baixo, apresentam a nervura central e a faixa próxima mais clara (esbranquiçadas) |
| | Cana-de-açúcar ⁽¹⁾ | Tombamento das touceiras pouco desenvolvidas. Amarelecimento em manchas das folhas mais novas semelhantes ao mosaico |
| | Laranja ⁽¹⁾ | Folhas novas grandes e flácidas; ramos deformados; exsudação de goma nos ramos novos; frutos rachados |

Continua...

Tabela 10. Continuação.

| Micronutriente | Cultura | Descrição |
|----------------|-------------------------------|---|
| | Trigo ⁽⁴⁾ | Esterilidade masculina (grãos chochos); espigas menores; após o enchimento de grãos as espigas ficam viradas em direção ao solo |
| Ferro | Geral ⁽¹⁾ | Amarelecimento do limbo das folhas, nervuras verdes por algum tempo |
| | Café ⁽³⁾ | As folhas novas apresentam-se de amareladas a quase brancas e as nervuras mantêm a cor verde normal, formando um reticulado bem visível, não havendo redução do tamanho das folhas |
| Manganês | Café ⁽³⁾ | Amarelecimento e ligeira redução de tamanho das folhas novas (dois ou três pares terminais) que apresentam manchas brancas ou amareladas entre as nervuras |
| | Feijão ⁽¹⁾ | Amarelecimento do limbo das folhas novas; nervuras e tecido ao longo delas permanecem verdes |
| | Soja ⁽¹⁾ | Amarelecimento do limbo das folhas novas; nervuras e tecido ao longo delas permanecem verdes |
| Molibdênio | Geral ⁽¹⁾ | Amarelecimento uniforme das folhas mais velhas |
| | Soja ⁽¹⁾ | Folhas mais velhas amareladas e encurvadas; pouca nodulação |
| Zinco | Arroz ⁽¹⁾ | Plantas menores; diminuição no perfilhamento; cor ferruginosa nas folhas |
| | Café ⁽³⁾ | Folhas novas pequenas, com pontuações mais claras, ficando levemente coriáceas e quebradiças. Os internódios nas extremidades dos ramos ficam curtos, ocorre morte de ramos e as brotações formam "rosetas". As plantas acabam ficando cinturadas ("pescoço pelado") e os frutos pequenos |
| | Cana-de-açúcar ⁽¹⁾ | Estrias amarelo-bronzeadas entre as nervuras das folhas mais novas |
| | Eucalipto ⁽¹⁾ | Lançamentos curtos; folhas diminutas e encarquilhadas; clorose internerval |
| | Milho ⁽¹⁾ | Plantas anãs; região de crescimento esbranquiçadas; folhas com estrias brancas ao longo do comprimento; espigas com pontas curvas e mal granadas |
| | Soja ⁽¹⁾ | Folíolos menores com manchas pardas |
| | Trigo ⁽¹⁾ | Plantas menores; pouco perfilhamento; folhas novas estreitas e com estrias amareladas entre as nervuras e depois de cor parda |
| | Café ⁽¹⁾ | Encurtamento de internódios |
| | Laranja ⁽¹⁾ | Folhas novas amareladas entre as nervuras e lanceoladas; secamento de ponteiros; roseta na ponta dos ramos |

Fonte: ⁽¹⁾ Malavolta (1986); ⁽²⁾ Furlani et al. (1990); ⁽³⁾ Matiello (1991); ⁽⁴⁾ Galvão (1988).

Toxidez

O preparo inadequado do solo poderá causar problemas com a drenagem que, aliado a chuvas intensas, propiciará condições favoráveis à ocorrência de toxidez de manganês e de ferro.

Como na planta a faixa entre deficiência e toxidez para boro é muito estreita, a adubação com esse nutriente deverá ser realizada com cautela para se evitar toxidez.

Fontes de micronutrientes

Como micronutrientes, podem ser usadas as fontes inorgânicas e as orgânicas, as fritas, *frited trace elements*, origem da sigla FTE, obtidas da fusão de silicatos com os micronutrientes e as formulações NPK com micronutrientes. As fontes insolúveis em água da Tabela 11, quando usadas na forma granulada, têm sua eficiência bastante reduzida (Mortvedt, 1991).

Os quelatos (Tabela 12), apesar de serem bastante solúveis, são muito caros, o que restringe muito seu uso (Mortvedt & Cox, 1985).

As fritas (FTE) são insolúveis em água e, por essa razão, devem ser usadas, de preferência, finamente moídas (Tabela 13). São adequadas para aplicação no solo, onde se dissolvem mais ou menos lentamente, dependendo da composição e do grau de moagem (Mortvedt & Cox, 1985).

O uso das formulações NPK com micronutrientes, além de permitir a distribuição uniforme no solo, reduz o custo, pois, evita a aplicação separada desses nutrientes (Mortvedt, 1991).

Tabela 11. Fontes inorgânicas de micronutrientes.

| Micronutriente Fonte | Fórmula | Teor aproximado (%) | Solubilidade em água (g/L) |
|-------------------------|--|---------------------------|----------------------------------|
| Boro | | | |
| Bórax | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 11 | 20 |
| Borato 46 | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 14 | 226 |
| Borato 65 | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ | 20 | 10 |
| Solubor | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 20 | - |
| Ácido bórico | H_3BO_3 | 17 | 63 |
| Ulexita | $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ | 8 | insolúvel |
| Cobalto | | | |
| Cloreto de cobalto | $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 25 | 760 |
| Nitrato de cobalto | $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 20 | 1338 |
| Sulfato de cobalto | $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 22 | 600 |
| Cobre | | | |
| Sulfato de cobre | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 25 | 316 |
| Óxido de cobre | CuO | 75 | insolúvel |
| Ferro | | | |
| Sulfato ferroso | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 19 | 156 |
| Sulfato férrico | $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ | 23 | 4400 |
| Manganês | | | |
| Sulfato manganoso | $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | 26-28 | 742 |
| Óxido manganoso | MnO | 41-68 | insolúvel |
| Molibdênio | | | |
| Molibdato de sódio | $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 39 | 562 |
| Molibdato de amônio | $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 54 | 430 |
| Óxido de molibdênio | MoO_3 | 66 | 1 |
| Zinco | | | |
| Sulfato de zinco | $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 23 | 965 |
| Óxido de zinco | ZnO | 78 | insolúvel |

Fonte: Weast & Astle (1981).

Tabela 12. Fontes orgânicas de micronutrientes.

| Fonte | Fórmula | Concentração aproximada (%) |
|--------------------|------------------------|--------------------------------|
| Cobre | | |
| Quelato sintético | Na ₂ CuEDTA | 13 |
| Quelato sintético | NaCuHEDTA | 9 |
| Quelato natural | Lignossulfonato | 5-8 |
| Quelato natural | Poliflavonóide | 5-7 |
| Ferro | | |
| Quelato sintético | NaFeEDTA | 5-14 |
| Quelato sintético | NaFeHEDTA | 5-9 |
| Quelato sintético | NaFeEDDHA | 6 |
| Quelato sintético | NaFeDTPA | 10 |
| Quelato natural | Lignossulfonato | 5-8 |
| Quelato natural | Poliflavonóide | 9-10 |
| Metoxifenilpropano | FeMPP | 5 |
| Manganês | | |
| Quelato sintético | Na ₂ MnEDTA | 5-12 |
| Quelato natural | Lignossulfonato | 5 |
| Quelato natural | Poliflavonóide | 5-7 |
| Zinco | | |
| Quelato sintético | Na ₂ ZnEDTA | 14 |
| Quelato sintético | NaZnHEDTA | 9 |
| Quelato sintético | NaZnNTA | 13 |
| Quelato natural | Lignossulfonato | 5-8 |
| Quelato natural | Poliflavonóide | 5-10 |

Fonte: Martens & Westermann (1991).

Tabela 13. Exemplo de fritas comercializadas no Brasil.

| Produto | Garantia | | | | | | | |
|----------------------|---------------|------|-------|------|-------|------|------|---------|
| | Zn | Bo | Cu | Fe | Mn | Mo | Co | Outros |
| | ----- % ----- | | | | | | | |
| FTE BR-8 | 7,00 | 2,50 | 1,00 | 5,00 | 10,00 | 0,10 | - | - |
| FTE BR-9 | 6,00 | 2,00 | 0,80 | 6,00 | 3,00 | 0,10 | - | - |
| FTE BR-10 | 7,00 | 2,50 | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 0,10 | 0,10 | - |
| FTE BR-12 | 9,00 | 1,80 | 0,80 | 3,00 | 2,00 | 0,10 | - | - |
| BR-12 EXTRA | 15,00 | 2,50 | 1,00 | 3,00 | 3,00 | 0,10 | - | - |
| FTE BR-13 | 7,00 | 1,50 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,10 | - | - |
| FTE BR-15 | 8,00 | 2,80 | 0,80 | - | - | 0,10 | - | - |
| FTE BR-16 | 3,50 | 1,50 | 3,50 | - | - | 0,40 | - | - |
| FTE BR-24 | 18,00 | 3,60 | 1,60 | 6,00 | 4,00 | 0,20 | - | - |
| Micronutri-121 | 12,00 | 1,00 | - | - | - | 0,60 | 0,15 | - |
| Micronutri-155 | 15,00 | 5,00 | - | - | - | - | - | 6,00 Mg |
| Micronutri-183 | 18,00 | 3,00 | - | - | - | - | - | 6,00 Mg |
| Micronutri-204 | 20,00 | 4,00 | - | - | - | - | - | - |
| Micronutri-222 | 22,00 | 2,00 | 1,00 | - | - | - | - | - |
| Micronutri-248 | 24,00 | 2,00 | - | - | 8,00 | - | - | - |
| Micronutri-252 | 25,00 | 2,50 | - | - | - | 1,30 | 0,30 | - |
| Micronutri-301 | 30,00 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - |
| ZIN-COP 101 | 10,00 | 2,00 | 10,00 | - | - | - | - | - |
| ZIN-COP 105 | 10,00 | 2,00 | 10,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| ZIN-COP 110 | 10,00 | - | 10,00 | - | - | - | - | - |
| ZIN-COP 115 | 10,00 | 1,00 | 15,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| ZIN-COP 201 | 20,00 | 1,00 | 10,00 | 5,00 | - | - | - | - |
| ZIN-COP 210 | 20,00 | - | 10,00 | - | - | - | - | - |
| Borogran | - | 8,00 | - | - | - | - | - | - |
| Zincogran | 20,00 | - | - | - | - | - | - | 6,00 S |
| Nutriboro | - | 9,00 | - | - | - | - | - | - |
| Nutrizinco I | 30,00 | - | - | 2,00 | - | - | - | - |
| Nutrizinco II | 20,00 | - | - | 2,00 | - | - | - | - |
| FTE Barreiras | 13,00 | 2,50 | 3,00 | 2,00 | 3,00 | 0,12 | - | - |
| FTE Campo | 7,00 | 2,50 | 2,50 | - | 15,00 | - | - | - |
| FTE Centro Oeste | 15,00 | 2,00 | 2,00 | - | 10,00 | - | - | - |
| FTE New Centro Oeste | 12,00 | 1,60 | 1,60 | - | 8,00 | - | - | - |
| FTE Cerrado | 15,00 | 2,00 | 1,60 | - | 4,00 | 0,20 | - | - |
| FTE New Cerrado | 12,00 | 1,60 | 1,30 | - | 3,00 | 0,15 | - | - |
| FTE MS/MT | 5,00 | - | - | - | 15,00 | - | - | - |
| FTE Oeste Baiano | 5,00 | 1,60 | 4,50 | 2,00 | 8,00 | 0,10 | - | - |
| FTE JCO - 1 - C | - | - | 7,00 | 3,00 | 7,00 | - | - | 4,00 S |
| FTE JCO - 2 - C | - | - | 4,00 | 8,00 | 12,00 | - | - | 4,00 S |
| FTE JCO - 1M | 10,00 | 1,50 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | - | - | 4,00 S |
| FTE JCO - 2M | 5,00 | 2,00 | 5,00 | 5,00 | 8,00 | - | - | 4,00 S |

Modos de aplicação

Devido ao prolongado efeito residual, principalmente, do cobre e do zinco, a adubação com micronutrientes para culturas anuais deve ser feita no solo. A aplicação foliar para as culturas anuais só é recomendada caso os micronutrientes não tenham sido aplicados no solo antes do plantio ou se a adubação feita no solo foi insuficiente para supri-los em quantidades adequadas às plantas. Uma das desvantagens da adubação foliar são os custos extras das múltiplas aplicações que muitas vezes são necessárias em razão da baixa mobilidade dos micronutrientes na planta, como por exemplo o boro. Além disso, a adubação foliar corrige a deficiência no ano da aplicação sem, entretanto, prevenir seu aparecimento no ano seguinte. O cobalto e o molibdênio em virtude das pequenas quantidades que são requeridas pelas plantas, quando for conveniente, podem ser aplicados nas sementes. Para algumas culturas perenes, a pulverização foliar com micronutrientes junto aos pesticidas constitui prática rotineira.

Os efeitos dos modos de aplicação de zinco no rendimento de grãos de milho são mostrados na Tabela 14.

A dose de 1,2 kg/ha de zinco aplicada a lanço, apenas no primeiro cultivo, foi suficiente para propiciar rendimentos máximos de grãos nos três cultivos. Porém, quando aplicada no sulco de semeadura somente no primeiro cultivo ou no sulco parceladamente (0,4 kg/ha de zinco por cultivo), proporcionou rendimentos máximos de grãos apenas a partir do segundo cultivo. Duas aplicações foliares com solução a 1% de sulfato de zinco, uma na terceira e a outra na quinta semana após a emergência, foi suficiente para obtenção de rendimentos máximos de grãos nos três cultivos. A aplicação de zinco nas sementes proporcionou rendimentos máximos de grãos apenas no segundo e no terceiro cultivos.

Tabela 14. Rendimento de grãos do milho (híbrido BR 201), cultivado num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase Cerrado, em função do modo de aplicação de zinco.

| Zinco | | Cultivo | | |
|-------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Dose | Modo de aplicação | 1 ^o | 2 ^o | 3 ^o |
| kg/ha | | t/ha | | |
| 0 | - | 3,88f | 4,23d | 4,56c |
| 1,2 | Solo, a lanço ⁽¹⁾ | 7,36a | 7,78ab | 7,62a |
| 1,2 | Solo, no sulco ⁽¹⁾ | 5,89cde | 7,87ab | 7,43a |
| 1,2 (3x0,4) | Solo, no sulco ⁽¹⁾ | 4,91ef | 7,14b | 7,09ab |
| 1 kg/20 kg | Semente ⁽²⁾ | 6,15bcd | 7,68ab | 7,74a |
| Solução 1% | Folha ⁽³⁾ | 6,64abc | 7,35ab | 7,47a |
| CV(%) | | 12 | 10 | 9 |

⁽¹⁾ Sulfato de zinco (23% de Zn);

⁽²⁾ Óxido de zinco (83% de Zn) misturado na proporção de 1,0 kg de ZnO por 20 kg de sementes umedecidas (15 mL de água por kg de sementes);

⁽³⁾ Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn) aplicada na terceira e na quinta semanas após a emergência.

Médias seguidas com a mesma letra em cada coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Umidade dos grãos corrigida para 13%.

Fonte: adaptado de Galvão (1996).

Recomendação de adubação

Com base em Galvão (1984, 1991 e 1996), Ferreira & Cruz (1991) e Malavolta (1986), foram elaboradas recomendações de adubação com micronutrientes para algumas culturas. Em alguns casos, quando as informações disponíveis na literatura eram incompletas ou não existiam, as recomendações foram feitas usando-se o bom senso como critério.

Abacate

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 5,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco, quando não se dispõe de resultados da análise do solo.

Abacaxi

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 5,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Acerola

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 0,5 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 3,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Algodão

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o

caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada, de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Amendoim

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando

não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Arroz

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 380 L/ha.

Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Aveia

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 380 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Banana

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 5,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Café

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de formação: 12 g a 24 g de ácido bórico ou 18 g a 36 g de bórax + 6 g a 12 g de sulfato de cobre + 17 g a 26 g de sulfato de zinco ou 5 g a 7 g de óxido de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação via foliar: caso apareçam sintomas de deficiência de algum desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,3% a 0,5% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,4% a 0,6% de sulfato de cobre três vezes ao ano; **zinco** – solução 0,6% a 0,8% de sulfato de zinco quatro vezes ao ano. Adicionar, à exceção da solução de ácido bórico, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada). Fazer uma pulverização no inverno (agosto) e as demais no período chuvoso (outubro a fevereiro).

Cana-de-açúcar

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 5,0 kg/ha de zinco + 4,0 kg/ha de cobre + 2,0 kg/ha de boro + 4,0 kg/ha de manganês no sulco de plantio. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Cevada

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Citros

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o

caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de formação: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 5,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,2% de ácido bórico; **manganês** – solução 0,6% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,8% de sulfato de zinco. Caso se aplique os três micronutrientes de uma só vez, adicionar à mistura 5,0 g/L de ureia.

Ervilha

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar,

conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Adubação com molibdênio e cobalto via semente: o molibdênio e o cobalto, em vez de serem aplicados no solo, poderão ser aplicados na semente durante o processo de inoculação com o rizóbio, nas doses de 8 g a 20 g de cloreto de cobalto ou 10 g a 25 g de sulfato de cobalto + 50 g a 100 g de molibdato de sódio ou 40 g a 80 g de molibdato de amônio, por 180 kg de sementes.

Eucalipto

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de mudas: 0,5 g de boro + 0,05 g de cobalto + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 2,0 g de zinco por 1,0 m³ de solo.

Adubação de plantio: 1,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 2,0 kg/ha de zinco. Os adubos podem ser aplicados em filetes contínuos no sulco de plantio ou em covas. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Feijão

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o

caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas, a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação com molibdênio e cobalto via semente: o molibdênio e o cobalto em vez de serem aplicados no solo poderão ser aplicados via semente durante o processo de inoculação com o rizóbio, nas doses de 8 g a 20 g de cloreto de cobalto ou de 9 g a 20 g de sulfato de cobalto + 50 g a 80 g de molibdato de sódio ou de 40 g a 60 g de molibdato de amônio por 80 kg de sementes.

Adubação foliar com molibdênio: o molibdênio, em vez de ser aplicado no solo ou na semente, poderá ser aplicado via foliar nas doses de 20 g/100 L de molibdato de sódio ou de 15 g/100 L de molibdato de amônio. Aplicar 400 L/ha de uma dessas soluções vinte cinco dias após a emergência.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Gariroba

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de formação de mudas: 0,5 g de boro + 0,5 g de cobre + 0,5 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 2,0 g de zinco por 1,0 m³ do substrato.

Adubação de plantio: 0,5 kg/ha de boro + 0,5 kg/ha de cobre + 1,0 kg/ha de manganês + 0,05 kg/ha de molibdênio + 1,0 kg/ha de zinco no sulco de plantio. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Girassol

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro: caso não tenha sido possível aplicar o boro poder-se-á aplicá-lo via foliar com uma solução de 4,5% de bórax ou 2,9%

de ácido bórico aos trinta dias após a emergência. A dose de solução a ser usada é de 200 L/ha. Adicionar, no caso da solução com ácido bórico, 5,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Adubação foliar com cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, em cada solução, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Goiaba

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 0,5 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 3,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Grão-de-bico

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação

a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Graviola

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 5,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de produção: 2,0 g de boro + 3,0 g de cobre + 4,0 g de manganês + 5,0 g de zinco em cobertura, na projeção da copa juntamente com outros adubos no início da produção de frutos.

Leguminosas adubos verdes: (crotalária, ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lab-lab, tremoço)

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação

a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Mamão

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio e formação: 1,0 g de boro + 0,05 g de cobalto + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 2,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de produção: 1,0 kg/ha a 2,0 kg/ha de boro + 3,0 kg/ha a 5,0 kg/ha de zinco. Caso apareçam sintomas de deficiência de boro, pulverizar com solução 0,25% de ácido bórico ou bórax.

Mamona

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses

recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Mandioca

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, no sulco de plantio, 1,0 kg/ha de boro + 1,0 kg/ha de cobre + 4,0 kg/ha de manganês + 4,0 kg/ha de zinco. No nível médio, aplicar metade dessas doses e, no alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Adubação com zinco via maniva: recomenda-se aplicá-lo no solo mas, caso isso não tenha sido possível, ele poderá ser aplicado via imersão das manivas numa solução 4,0% de sulfato de zinco durante 15 minutos.

Manga

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 4,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Maracujá

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 4,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de produção: pulverizar com solução 0,3% de ácido bórico + 0,6% de sulfato de zinco + 0,4% de sulfato de cobre + 0,5% de sulfato de manganês + 0,5% de ureia. Fazer três pulverizações: a primeira em outubro, a segunda em janeiro e, a terceira, em abril.

Milheto

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês,

0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 380 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Milho

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a

lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 360 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Adubação com zinco via semente: o modo recomendado para aplicá-lo é no solo mas, caso isso não seja possível, ele poderá ser aplicado na semente na dose de 1,0 kg de óxido de zinco por 20 kg de sementes umedecidas (15 mL de água por kg de sementes).

Pastagem consorciada

Adubação de formação: 1,0 kg/ha de boro + 0,02 kg/ha de cobalto + 2,0 kg/ha de cobre + 0,03 kg/ha de molibdênio + 2,0 kg/ha de zinco a lanço.

Adubação com molibdênio e cobalto via semente: o cobalto e o molibdênio em vez de serem aplicados no solo poderão ser aplicados na semente: **cobalto:** 8 g de cloreto de cobalto ou 9 g de sulfato de cobalto pela quantidade de sementes da leguminosa a ser usada por hectare; **molibdênio:** 20 g de molibdato de sódio ou 14 g de molibdato de amônio pela quantidade de sementes a ser usada por hectare ou por meio da peletização de sementes (3,0 g de boro + 0,1 g de cobalto + 1,0 g de cobre + 4,0 g de manganês + 0,1 g de molibdênio + 7,0 g de zinco + 200 g de calcário por kg de sementes).

Pastagem apenas de gramíneas

Adubação de formação: 1,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 2,0 kg/ha de zinco a lanço.

Pinus

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de mudas: 0,5 g de boro + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 2,0 g de zinco por 1,0 m³ de solo.

Adubação de plantio: 1,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 3,0 kg/ha de manganês + 2,0 kg/ha de zinco. Os adubos podem ser aplicados em filetes contínuos no sulco de plantio ou em covas. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Pupunha

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de formação de mudas: 1,0 g de boro + 0,03 g de cobalto + 0,5 g de cobre + 1,0 g de manganês + 0,03 g de molibdênio + 2,0 g de zinco por 1,0 m³ do substrato.

Adubação de plantio: 0,5 kg/ha de boro + 0,5 kg/ha de cobre + 1,0 kg/ha de manganês + 0,04 kg/ha de molibdênio + 1,0 kg/ha de zinco no sulco de plantio. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Seringueira

Adubação de correção: quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação de plantio: 1,0 g de boro + 0,05 g de cobalto + 0,5 g de cobre + 2,0 g de manganês + 0,05 g de molibdênio + 3,0 g de zinco por cova. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 6,0 kg/ha de zinco.

Soja

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de

cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 400 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Adubação com cobre via semente: o modo recomendado para a aplicação de cobre é no solo, mas caso isso não seja possível, o cobre poderá ser aplicado via semente misturando-se, primeiramente, 3,0 kg de óxido de cobre com 80 kg de sementes umedecidas e, a seguir, procede-se à inoculação delas com o rizóbio.

Adubação com molibdênio e cobalto via semente: o molibdênio e o cobalto, em vez de serem aplicados no solo, poderão ser aplicados via semente durante o processo de inoculação delas com o rizóbio, nas doses de 50 g a 130 g de molibdato de sódio ou 40 g a 90 g de molibdato de amônio + 8 g a 20 g de cloreto de cobalto ou 9 g a 23 g de sulfato de cobalto por 80 kg de sementes.

Sorgo granífero

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,5% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 360 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Trigo

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 380 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Triticale

Adubação de plantio: quando os teores de micronutrientes encontrarem-se no nível baixo (Tabela 7 ou Tabela 8) aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg/ha de boro, 2,0 kg/ha de cobre, 6,0 kg/ha de manganês, 0,4 kg/ha de molibdênio, 6,0 kg/ha de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. No nível médio, aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível alto, não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se fazer análise foliar e do solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Em solo virgem, quando não se dispõe de resultados da análise do solo, recomenda-se aplicar, a lanço, a seguinte adubação: 2,0 kg/ha de boro + 2,0 kg/ha de cobre + 6,0 kg/ha de manganês + 0,4 kg/ha de molibdênio + 6,0 kg/ha de zinco.

Adubação foliar com boro, cobre, manganês e zinco: caso apareçam sintomas de deficiência de qualquer um desses nutrientes, pulverizar, conforme o caso, com uma das seguintes soluções: **boro** – solução 0,5% de bórax ou 0,3% de ácido bórico; **cobre** – solução 0,5% de sulfato de cobre; **manganês** – solução 0,5% de sulfato de manganês; **zinco** – solução 0,6% de sulfato de zinco. A dose a ser usada de cada solução é de 380 L/ha. Adicionar, à exceção da solução com bórax, 1,0 g/L de hidróxido de cálcio (cal extinta ou cal hidratada).

Referências

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas, 19. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 187-203.(IAC. Boletim Técnico, 100).

BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS: CNPq, 1991. p. 289-308.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. de O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 43-70. (IAC. Boletim Técnico, 100).

COUTO, W.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, G. G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas no solos de cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília. **Savanas: alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. p.61-78.

COX, F. R.; KAMPRATH, E. J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 289-317.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Piracicaba: POTAFOS: CNPq, 1991. 734 p.

FURLANI, A. M. C.; ÚNGARO, M. R. G.; QUAGGIO, J. A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol: eficiência na absorção e uso de boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 187-194, 1990.

GALRÃO, E. Z.; SOUSA, D. M. G. de. Efeito do boro na esterilidade masculina do trigo em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 47-152, 1988.

GALRÃO, E. Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 111-116, 1984.

GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 283-289, 1996.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes e cobalto no rendimento da soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 117-120, 1991.

GALRÃO, E. Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 275-279, 1988.

GONÇALVES, J. L. de M.; RAIJ, B. van.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de**

adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 245-259. (IAC. Boletim Técnico, 100).

LINS, I. D.G. **Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc.** 1987. 314 f. Thesis (Ph. D.) - North Carolina State University, Raleigh.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under Cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, p. 742-747, 1977.

LOPES, A. S. **A survey of the fertility of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil.** 1975. 138 f. Dissertation (M. Sc.) - North Carolina State University, Raleigh.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D.A.; MIRANDA FILHO, H. da S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 219-229. (IAC. Boletim Técnico, 100).

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação.** [S.l.]: Nutriplant, 1986. 70 p.

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

MARTENS, D. C.; WESTERMANN, D. T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMN, L. M.; WELCH, R. M. **Micronutrients in agriculture.** 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549-592.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo.** São Paulo: Globo, 1991. 320 p. (Coleção do agricultor).

MORTVEDT, J. J.; COX, F. R. Production, marketing, and use of calcium, magnesium, and micronutrient fertilizers. In: ENGELSTAD, O. P. (Ed.). **Fertilizer technology and use.** 3. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p. 455-481.

MORTVEDT, J. J.; WOODRUFF, J. R. Technology and application of boron fertilizers for crops. In: GUPTA, U. C. (Ed.). **Boron and its role in crop production.** Boca Raton. FL, CRS Press, 1993. p. 157-176.

MORTVEDT, J. J. Micronutrient fertilizer technology. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMN, L. M.; WELCH, R. M. **Micronutrients in agriculture.** 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; PIZA JÚNIOR, C. de T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de**

adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 119-153. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 231-243. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, A. J.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. de. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 119-153. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SILVA, J. B. S.; ALMEIDA, S. R. Estudo de doses de sulfato de zinco em cafezais instalados em solos de cerrado no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., Curitiba, PR, 1975. **Resumos.** Rio de Janeiro: IBC, 1975. p. 314-316.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de.; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de Cerrado.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. 14 p. (EMBRAPA-CPAC, Circular técnica, 27).

VERDÉSIO, J. J. **Os cerrados do oeste da Bahia:** descrição física e potencial de uso agrícola. Salvador: SEPLANTE/CAR, 1986, 78 p.

VIDOR, C.; PERES, J. R. R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1986, Londrina, PR. **Anais.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBCS, 1988. p. 179-203.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS: CNPq, 1991. p. 391-412.

WEAST, R. C.; ASTLE, M. J. (Ed.). **CRC handbook of chemistry and physics.** 62. ed. Boca Raton: CRC, 1981.

WERNER, J. C.; PAULINO, T. V.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.263-273 (IAC. Boletim Técnico, 100).

Adubação com enxofre

Thomaz Adolpho Rein

Djalma M. Gomes de Sousa

Introdução

O enxofre (S) no solo e na planta apresenta algumas semelhanças com o nitrogênio. Nos solos sob vegetação de Cerrado, assim como nos solos não adubados de regiões úmidas do Brasil, em geral, mais de 90% do S está na forma orgânica. A relação carbono: enxofre na camada superficial de solos brasileiros está ao redor de 110:1, com alguma variação (Bissani & Tedesco, 1988).

Nos solos bem drenados, praticamente todo o S mineral está na forma do anion sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), proveniente da mineralização da matéria orgânica e de contribuições da atmosfera pela água das chuvas e outros mecanismos.

O sulfato é praticamente a única forma de S absorvida pelas raízes. Na planta, a maior parte do S está na forma dos aminoácidos metionina, cistina e cisteína, constituintes das proteínas. A relação N:S nos materiais vegetais está ao redor de 10:1, com variações entre espécies e partes da planta.

Respostas à adubação com enxofre

Já no final da década de 1950, quando praticamente se iniciou a pesquisa em fertilidade dos solos de Cerrado, verificou-se, com grande frequência, a deficiência de S. Nas Tabelas 1 e 2, estão apresentados exemplos

de experimentos de adubação com S, realizados nesses solos desde então, com culturas anuais, perenes e forrageiras. O número de safras, bem como as doses, fontes e modos de aplicação do S são variados, mas verifica-se que os acréscimos de rendimento em resposta a essa adubação são expressivos, mostrando que sua disponibilidade é baixa nos solos da região.

A localização central no Brasil, distante dos oceanos, e a pequena atividade industrial na região resultam em baixo enriquecimento de S na atmosfera, fazendo com que a contribuição dela para o S mineral do solo certamente seja pequena no Cerrado. As queimadas periódicas da vegetação nativa têm sido consideradas como fator de empobrecimento desses solos em S (McClung & Freitas, 1959), pois grande parte desse elemento, contido nos materiais vegetais, é volatilizada.

Tabela 1. Exemplos de respostas de espécies cultivadas à adubação com enxofre em solos anteriormente sob vegetação de Cerrado.

| Espécie/Produto | Local | Rendimento | |
|--|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | sem S | com S |
| ----- t/ha ----- | | | |
| Culturas anuais | | | |
| Milho (grãos) | Planaltina-DF | 3,07 | 4,41 |
| ⁽¹⁾ Soja (grãos) | SP | 1,28 | 1,67 |
| ⁽²⁾ Soja (grãos) | C. das Alagoas-MG | 2,10 | 2,54 |
| ⁽³⁾ Algodão em caroço | SP | 1,38 | 1,90 |
| Culturas perenes | | | |
| ⁽⁴⁾ Café beneficiado | Matão-SP | 1,34 | 2,39 |
| ⁽⁵⁾ Café beneficiado | Patrocínio-MG | 0,48 | 1,01 |
| ⁽⁶⁾ <i>Eucalyptus grandis</i> | Bom Despacho-MG | 54 (m ³ /ha) | 158 (m ³ /ha) |
| Forrageiras | | | |
| <i>Stylosanthes guianensis</i> (mat. seca) | Planaltina-DF | 7,04 | 8,26 |
| ⁽⁷⁾ <i>Paspalum notatum</i> (mat. seca) | Matão-SP | 0,84 | 2,84 |

Fonte: ⁽¹⁾ Mascarenhas et al. (1974); ⁽²⁾ Campos (1985); ⁽³⁾ McClung et al. (1961); ⁽⁴⁾ Freitas et al. (1972); ⁽⁵⁾ Freire et al. (1984); ⁽⁶⁾ Barros et al. (1990); ⁽⁷⁾ McClung & Quinn (1959).

A adubação com S afeta, além dos rendimentos, a qualidade de vários produtos agrícolas. Podem ser mencionados, como exemplos, aumentos nos teores de proteína e seu valor biológico, digestibilidade e palatabilidade de forrageiras, teor de óleo de oleaginosas e melhorias na qualidade da panificação do trigo e da malteação da cevada cervejeira (Rendig, 1986).

Tabela 2. Efeito residual da aplicação de enxofre nas formas de gesso argamassa ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) e enxofre elementar (S°) em pó para culturas anuais, avaliado em Latossolos Vermelhos argiloso (experimento 1) e muito argiloso (experimento 2), em Planaltina, DF.

| Fonte | S Aplicado | Rendimento de grãos - Ano | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|-------|-------|------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | kg/ha | ----- t/ha ----- | | | | |
| Experimento 1 ⁽²⁾ | | | | | | |
| - | 0 | soja | milho | milho | soja | milho |
| Gesso | 36 ⁽¹⁾ | 1,80 | 4,59 | 4,58 | 1,70 | 2,52 |
| Gesso | 108 ⁽¹⁾ | 1,84 | 4,86 | 5,20 | 1,86 | 4,57 |
| Gesso | 108 ⁽¹⁾ | 1,87 | 5,20 | 5,52 | 2,01 | 6,32 |
| Experimento 2 | | | | | | |
| - | 0 | milho | milho | milho | soja | feijão |
| S elementar | 20/ano | 5,67 | 5,47 | 4,42 | 2,34 | 2,64 |
| S elementar | 60 ⁽¹⁾ | 8,05 | 7,95 | 6,23 | 3,27 | 2,96 |
| S elementar | 60 ⁽¹⁾ | 9,16 | 8,76 | 6,44 | 3,30 | 2,87 |

⁽¹⁾ Aplicação única efetuada no primeiro ano, a lanço com incorporação.

⁽²⁾ Fonte: Vilela et al. (1995).

Efeito residual da adubação

Parte do S aplicado nas adubações é aproveitado também pelas culturas nos anos subsequentes. O efeito residual da adubação com S está exemplificado na Tabela 2, com resultados de dois experimentos com algumas culturas anuais onde se verifica que as doses de S de 108 kg/ha no experimento 1 e 60 kg/ha no experimento 2, aplicadas apenas no primeiro cultivo, resultaram em bons rendimentos até pelo menos o quinto ano.

O prolongado efeito residual da adubação com S deve-se à elevada capacidade de adsorção de sulfato nas camadas subsuperficiais dos Latossolos do Cerrado. Na Figura 1A, observa-se que para a dose de 60 kg/ha o sulfato foi rapidamente lixiviado da camada superficial, mas permaneceu retido nas camadas de 15 cm a 45 cm. A aplicação de doses elevadas de S, como as recomendadas na forma de gesso agrícola para correção das restrições químicas para o crescimento das raízes na subsuperfície (vide capítulo 3), resulta em elevados teores de sulfato nessas camadas durante muitos anos, como pode ser verificado na Figura 1B.

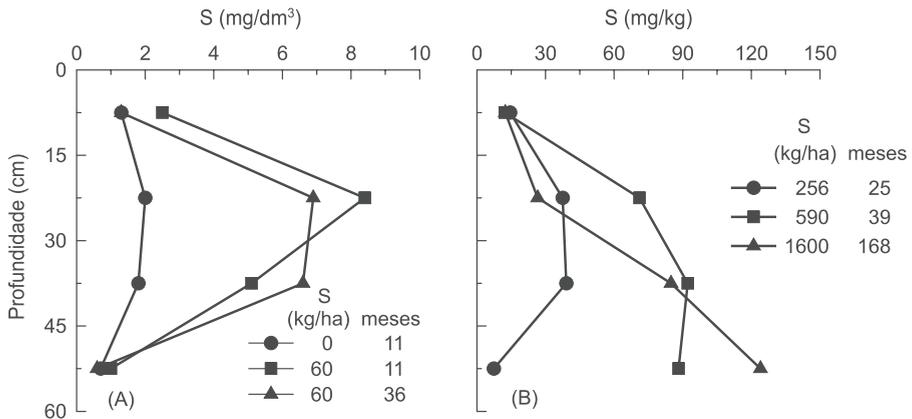


Figura 1. Enxofre extraído com soluções de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ em Latossolos Vermelhos muito argiloso (A) e argilosos (B), amostrados em diferentes períodos de tempo após aplicações de gesso ou superfosfato simples.

Fonte: (B) Motavalli (1989) e Sousa et al. (1992).

Não havendo problemas de impedimento mecânico (compactação) ou restrições químicas ao crescimento das raízes, o sulfato retido na subsuperfície é utilizado pela planta. Quando os teores de sulfato na camada superficial são muito baixos, as plantas jovens podem exibir sintomas de deficiência de S que desaparecem com o aprofundamento das raízes.

A capacidade de adsorção de sulfato está relacionada à quantidade de cargas positivas que é menor na camada superficial devido aos efeitos da calagem e adubação fosfatada, associada ao maior teor de matéria orgânica em relação à subsuperfície. A adsorção de sulfato é ainda diretamente relacionada ao teor de argila e, portanto, menor nos solos arenosos. Embora não se tenha avaliado o efeito residual do S por tão longo período, como nos solos argilosos, a expectativa é de que nos solos arenosos ele seja menos prolongado.

Fontes de enxofre

As principais fontes inorgânicas de S podem ser divididas em dois grupos: sulfatos e S elementar (S⁰), essa última popularmente denominada flor-de-enxofre.

No primeiro grupo, a principal fonte é o sulfato de cálcio, não só pela grande quantidade disponível como também pelo baixo preço, na forma de gesso agrícola (CaSO₄ · 2H₂O), contendo entre 15% e 18% de S. Em alguns estados da região Nordeste, inclusive, no Maranhão que apresenta extensas áreas de Cerrado, há ocorrências de jazidas de sulfato de cálcio, algumas já exploradas. O superfosfato simples contém, aproximadamente, 11% de S na forma de CaSO₄ · 1/2H₂O.

Os demais produtos do primeiro grupo, facilmente encontrados no comércio, são os sulfatos de amônio, de potássio e de magnésio. Apesar da menor solubilidade em água do sulfato de cálcio em relação a estes, todos são equivalentes quanto à capacidade de suprimento de S às plantas. O gesso agrícola granulado, testado em aplicação na linha de semeadura de culturas anuais, apresentou eficiência agrônômica equivalente à do gesso em pó aplicado da mesma forma.

O S⁰, que apresenta teor de S próximo a 100%, é oxidado por microrganismos do solo para a forma de sulfato, tornando-se disponível às plantas. Na forma de pó, a oxidação do S⁰, aplicado na linha de semeadura ou a lanço incorporado, é relativamente rápida (o mesmo não ocorrendo com a

aplicação superficial em cobertura) e seu aproveitamento pelas culturas é similar ao dos sulfatos. A velocidade de oxidação no solo e, conseqüentemente, a eficiência agrônômica inicial, decrescem com o aumento do tamanho das partículas. Uma regra geral para o uso eficiente do S^o é que 100% da massa de partículas deve apresentar diâmetro inferior a 1 mm e pelo menos 50%, diâmetro inferior a 0,15 mm (Tisdale et al., 1993).

O S^o em pó, devido ao alto teor nesse nutriente, apresenta bom potencial para utilização em formulações fareladas, diluindo pouco os teores de macronutrientes primários (N, P e K) e suprimindo doses adequadas de S às culturas. Em alguns países, existem produtos comerciais granulados preparados com S^o, com tecnologias que resultam no seu esboroamento no solo e, conseqüentemente, oxidação mais rápida, sendo utilizados em formulações do tipo mistura de grânulos. Um aspecto a ser considerado é a acidez resultante da oxidação do S^o no solo, sendo necessários 100 kg de calcário (PRNT=100%) para neutralizar a acidez gerada por 32 kg de S.

Materiais orgânicos também são utilizados como fontes de S. Como os teores de nutrientes são baixos e apenas parte é mineralizada, as quantidades desses materiais necessárias para suprir as culturas são elevadas. Estercos bovinos e de aves contêm aproximadamente 0,1% e 0,3% de S na matéria seca, respectivamente e composto de lixo urbano e lodo de esgoto, em torno de 0,2%, com variações nos teores de todos esses materiais.

Diagnose da necessidade de adubação

Para se decidir sobre a utilização de S, primeiro é preciso saber se é ou não necessária sua aplicação. Posteriormente, serão definidas: a dose, a fonte e a forma de aplicação.

Excetuando-se as situações de alta disponibilidade ou deficiência acentuada, os procedimentos clássicos da análise química do solo e da folha e de identificação visual de sintomas de deficiência apresentam limitações

quanto a esse objetivo. Isso é válido também para outros nutrientes. Desse modo, todos os procedimentos disponíveis devem ser utilizados nesse diagnóstico, verificando-se ainda a coerência dessas informações com o histórico das glebas.

Análise do solo

A análise química do solo para diagnose da disponibilidade de S para as plantas tem-se baseado principalmente na determinação dos teores de sulfato. Essa análise apresenta algumas das limitações agrônômicas da análise de nitrogênio, pois tanto o nitrato como o sulfato são produtos da mineralização da matéria orgânica que é contínua durante o ciclo das culturas e variável com as condições ambientais. Contudo, ao contrário do nitrato que é rapidamente lixiviado, o sulfato acumula-se no solo, sobretudo, na subsuperfície e a sua análise é reconhecidamente útil na avaliação da disponibilidade de S. É fundamental a análise de amostras da camada superficial (0 a 20 cm) e subsuperficial (20 cm a 40 cm), devendo-se tomar pelo menos 20 subamostras de ambas. A variabilidade espacial nos teores de S decorrente das adubações anteriores na linha de semeadura, em especial, na subsuperfície onde este se acumula pode ser elevada.

Atualmente, poucos laboratórios na região do Cerrado e no Brasil, efetuam a análise de sulfato no solo a qual não requer equipamentos especiais. O principal extrator (método) utilizado é o fosfato monocálcico, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, não havendo padronização quanto aos procedimentos de extração e os analíticos entre os laboratórios. Alguns procedimentos são descritos por Alvarez V. (1988), Vitti (1989) e Tedesco et al. (1995).

Na Tabela 3, está apresentada a primeira aproximação da interpretação da análise de S nos solos do Cerrado, elaborada com base nos poucos resultados experimentais dessa região e informações gerais de outras localidades. Sugere-se a utilização do $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 mol/L em água como solução extratora, na proporção solo: solução de 1 cm³: 2,5 mL, com agitação durante uma hora.

Tabela 3. Interpretação da análise de enxofre nos solos de Cerrado, considerando-se o teor médio na camada de 0 a 40 cm de profundidade.

| S no solo (teor médio de 0 a 40 cm) ⁽¹⁾ | Disponibilidade de S |
|---|----------------------|
| mg/dm ³ | |
| ≤4 | baixa |
| 5 a 9 | média |
| ≥10 | alta |

⁽¹⁾ [(teor na camada de 0 a 20 cm + teor na camada de 20 cm a 40 cm) / 2]; S extraído com Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L em água (relação solo:solução extratora de 1:2,5).

As classes de disponibilidade, com base na média aritmética dos teores de S nas camadas superficiais (0 a 20 cm) e subsuperficial (20 cm a 40 cm), são:

- Disponibilidade baixa (≤ 4 mg/dm³ de S): o solo é deficiente em S, e recomenda-se aplicá-lo para as culturas em geral. Solos de Cerrado recém-desbravados ou áreas cultivadas que nunca receberam aplicação de S geralmente enquadram-se nessa classe de disponibilidade.
- Disponibilidade média (5 mg/dm³ a 9 mg/dm³ de S): a resposta das culturas à adubação com S é incerta, mas recomenda-se aplicá-lo, principalmente, em áreas bem adubadas com os demais nutrientes para as quais há expectativas de bons rendimentos.
- Disponibilidade alta (≥ 10 mg/dm³ de S): não é necessária a aplicação de S no presente ano agrícola, exceto para culturas anuais quando o teor na camada superficial (0 a 20 cm) for ≤ 4 mg/dm³ de S, recomendando-se nesse caso dose pequena na linha de semeadura.

Caso se disponha apenas do teor de S na camada superficial, sugere-se considerar como nível de suficiência (a partir do qual não seria necessária a aplicação de S no presente ano agrícola) o teor de 10 mg/dm³, considerado adequado para as culturas, em geral, no Brasil e em outros países onde esse extrator é utilizado.

Análise foliar

No Capítulo 10, estão apresentados os critérios de amostragem quanto ao estágio de desenvolvimento da planta, a posição da folha e a interpretação da análise de S e demais nutrientes para diagnose do estado nutricional das culturas. Como exemplos, para soja, milho e cafeeiro os teores de S na folha considerados adequados estão por volta de 0,25%, 0,18% e 0,18%, respectivamente.

Essas interpretações não são válidas para amostragens efetuadas em outros estádios de desenvolvimento, principalmente, com as culturas anuais, pois os teores de S decrescem com a idade da planta. Havendo suspeita de deficiência em plantas jovens, cuja correção é possível com a aplicação de S em cobertura, devem ser amostradas e analisadas, separadamente, para comparação das plantas com sintomas de deficiência e plantas normais da mesma idade.

Outra possibilidade de diagnose da deficiência de S, em estádios de desenvolvimento anterior ou posterior ao indicado para a amostragem, é por meio da análise dos teores deste e do nitrogênio nas folhas, já que a relação N:S varia pouco durante o ciclo das culturas (Jones, 1986). Relações consideradas adequadas para soja, milho e cafeeiro estão por volta de 20:1, 12:1 e 16:1, respectivamente. Relações altas estariam indicando deficiência de S, mas podem ter como causa o excesso de nitrogênio. Por sua vez, a deficiência de ambos os nutrientes poderia resultar na relação N:S aparentemente adequada. Assim, deve-se ter a segurança de que a disponibilidade de N é adequada, sem o que fica limitada a utilização dessa técnica. Esse problema parece ser menor para a soja e outras leguminosas adequadamente supridas de N pela fixação simbiótica. A técnica DRIS (Capítulo 10), na qual são consideradas as relações de vários nutrientes, é mais confiável para a diagnose da deficiência de S do que a utilização apenas da relação N:S.

Observação de sintomas visuais de deficiência

A deficiência de S, assim como a dos demais nutrientes, resulta em menor desenvolvimento das plantas e em sintomas visuais típicos que podem auxiliar o técnico experiente na identificação de problemas nutricionais.

De maneira geral, a deficiência de S resulta em clorose nas folhas (tonalidade de verde mais clara que a normal, passando para amarelo), mais intensa nas mais novas. Em algumas culturas, ocorre clorose internerval (as nervuras e faixa estreita adjacente permanecem com a coloração normal, resultando em estrias ou reticulado na folha) que é o caso do milho, mais evidente nas plantas jovens e, em menor grau, do cafeeiro. Na soja, essa deficiência resulta em clorose uniforme na folha.

Essas características permitem distinguir a deficiência de S da deficiência de nitrogênio que também resulta em clorose nas folhas, sem o padrão internerval e sempre mais intensa nas mais velhas. No caso do milho e do cafeeiro, a presença de clorose internerval pode levar ao confundimento com as deficiências de manganês ou de ferro. A deficiência de magnésio nessas três culturas também resulta em clorose internerval, mas sempre mais intensa ou iniciando-se nas folhas velhas.

Histórico das glebas

O registro organizado dos rendimentos, obtidos das safras anteriores, dos insumos aplicados e dos resultados de análises, permite ao técnico verificar a coerência das últimas informações disponíveis para o diagnóstico da necessidade de aplicação de S para a próxima safra.

Como exemplo, a observação visual de sintomas de deficiência deve estar associada à ausência de adubação com S e baixos teores no solo e na folha. Por sua vez, a adubação anual com doses adequadas de S ou a aplicação anterior de doses elevadas de S, por exemplo, na forma de gesso agrícola para correção subsuperficial, deve estar associada a teores adequados no solo e na folha.

A incoerência das informações poderia estar indicando algum erro, por exemplo, quanto aos resultados da análise do solo ou da folha, em geral, por amostragem incorreta, mas também por falha do laboratório. Nesse caso, sem informações sobre: o histórico e a observação visual de sintomas de deficiência, não seria possível uma apreciação crítica das informações disponíveis e decisões erradas poderiam ser tomadas quanto à adubação.

Testes na propriedade agrícola

Planejados e executados com rigor pelo técnico e o proprietário, testes com aplicação de S, realizados na propriedade, podem revelar a magnitude das respostas das culturas a esse insumo no ano agrícola. Essas informações, associadas aos demais procedimentos de diagnose, permitem a tomada de decisões com maior segurança quanto às aplicações futuras em toda a área. O mesmo é válido para outros insumos agrícolas.

Princípios básicos de experimentação agrônômica, como uniformidade da área e condução da lavoura, uso de repetições e precisão adequada na aplicação dos insumos e colheita das parcelas (manual ou mecanizada), também se aplicam a esses testes e são conhecidos pelos técnicos.

Poucos tratamentos devem ser utilizados, para facilitar o gerenciamento do teste e aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos, incluindo-se sempre um tratamento testemunha sem aplicação de S.

Recomendações de adubação

Há poucos resultados de pesquisa na região do Cerrado que permitam definir a dose ótima de S para as principais culturas e condições de solo. Couto & Ritchey (1985) recomendam para as culturas em geral, no Cerrado, a aplicação anual de 15 kg/ha a 30 kg/ha de S.

Resultados de alguns dos trabalhos mencionados nas Tabelas 1 e 2 e, principalmente, resultados de vários outros experimentos de campo com

algumas culturas anuais e perenes, a maioria realizados no Estado de São Paulo, na década de 1980 (Malavolta et al., 1987; Vitti et al., 1988, 1992; Silva & Rajj, 1992), mostram que, em solos deficientes em S, na maioria dos casos, doses ao redor de 20 kg/ha são suficientes para suprir adequadamente as plantas naquele ano agrícola. Em algumas situações, doses maiores são requeridas.

Entretanto, para pastagens, poucos experimentos de adubação com S foram realizados no Brasil, em condições de campo. As informações disponíveis encontram-se nas revisões de Vitti & Novaes (1986), Werner & Monteiro (1988) e Paiva & Nicodemo (1993).

As recomendações apresentadas, a seguir, consideram essas informações e inferências com base no comportamento do S nos solos do Cerrado e estão baseadas, principalmente, na análise química do solo, interpretada de acordo com a Tabela 3. Essas recomendações são válidas para sistemas de sequeiro ou irrigado, com preparo convencional do solo ou plantio direto.

Culturas anuais

Em áreas cuja disponibilidade de S é baixa (teor médio na camada de 0 a 40 cm \leq 4 mg/dm³) recomenda-se aplicar 30 kg/ha de S, quando se almejam bons rendimentos, acima de 3 t/ha de soja ou 8 t/ha de milho. Em situações em que os potenciais produtivos são baixos, 20 kg/ha de S pode ser suficiente. Algumas espécies são particularmente exigentes em S, principalmente as crucíferas. Recomenda-se analisar o solo pelo menos uma vez a cada dois anos, para acompanhar as modificações nos teores de S.

Depois de alguns anos aplicando-se essas doses ou quando a disponibilidade de S no solo for média (teor médio na camada de 0 a 40 cm de 5 mg/dm³ a 9 mg/dm³), a adubação pode ser reduzida, recomendando-se 15 kg/ha de S. Essa dose é superior às quantidades exportadas nos grãos das principais culturas (por volta de 6 kg e 8 kg de S para produções de 3 t e 8 t de soja e milho,

respectivamente) e suficiente para manter rendimentos elevados se aplicada em todos os cultivos.

Em áreas cuja disponibilidade de S é alta (teor médio na camada de 0 a 40 cm ≥ 10 mg/dm³), não é necessária sua aplicação no presente ano agrícola, exceto quando o teor na camada superficial (0 a 20 cm) for ≤ 4 mg/dm³, recomendando-se nesse caso aplicar 5 kg/ha de S na forma de sulfato na linha de semeadura. Essa adubação visa garantir um suprimento inicial adequado de S, pois na sua ausência as plantas jovens, sobretudo, o milho podem exibir sintomas de deficiência que desaparecem com o aprofundamento das raízes, aparentemente, sem afetar significativamente os rendimentos finais. Culturas como a soja e o milho utilizam, com eficiência, o sulfato da subsuperfície, desde que não haja impedimentos físico ou químico acentuados ao crescimento das raízes, o que pode ser avaliado por meio do penetrômetro ou, de preferência, mediante o uso de trincheiras na gleba e de análises químicas.

Uma fórmula geral para recomendação de S para culturas anuais, com base no seu teor médio no solo na camada de 0 a 40 cm, é a seguinte:

$$\text{Dose (kg/ha de S)} = 40 - (\text{teor médio de S no solo} \times 4)$$

Formulações de fertilizantes para o plantio, contendo superfosfato simples e sulfato de amônio ou aplicação do último na adubação nitrogenada em cobertura, são formas práticas de suprir as culturas com S. O uso exclusivo desses dois produtos nas adubações anuais com N e P resulta quase sempre em suprimento de S acima do necessário e esses produtos são, em geral, mais caros como fontes de N e P em relação ao superfosfato triplo, aos fosfatos de amônio e à ureia. A formulação 0-20-20, muito utilizada em lavouras de soja na região, quando preparada exclusivamente com superfosfato triplo, superfosfato simples e cloreto de potássio resulta em teores de 3,5% a 4,0% de S. Na dose de 400 kg/ha, essa formulação forneceria aproximadamente 15 kg/ha de S que é a dose recomendada para solos cuja disponibilidade é média. Contudo, a mesma formulação pode ser preparada com outros produtos e enchimentos que não contêm S, devendo-se solicitar à empresa fornecedora a

informação quanto ao seu teor ou analisá-lo, de modo a se ter segurança de estar aplicando a dose correta.

Culturas anuais podem ser adequadamente supridas com S aplicando-se dose elevada a lanço uma única vez, com efeito residual durante vários anos, conforme comentado anteriormente. A aplicação de gesso agrícola nas doses recomendadas para correção subsuperficial (Capítulo 3) associada à adubação anual com a formulação 0-25-25, que não contém S, pode ser mais econômica quanto ao suprimento de S em relação à ausência de aplicação de gesso e à utilização da formulação 0-20-20 (Sousa et al., 1995), mais cara por unidade de P e K.

Quando o objetivo é apenas suprir as culturas de S por vários anos com uma única aplicação, as doses de S necessárias são inferiores às recomendadas na forma de gesso agrícola para correção da subsuperfície, sugerindo-se aplicar, no mínimo, 100 kg/ha de S, quando sua disponibilidade no solo for baixa ou média (Tabela 3). Essa dose resulta em teores de S na camada de 21 cm a 40 cm sempre acima de 10 mg/dm³, mas os teores na camada superficial muitas vezes tornam-se inferiores a 5 mg/dm³ após 1 ou 2 anos em áreas com acidez corrigida (pH em CaCl₂ 0,01mol/L acima de 5).

Culturas perenes

Assim como para as culturas anuais, o S pode ser suprido às culturas perenes por meio de adubações anuais ou utilizando-se doses elevadas com menor frequência. Pode-se inferir que as culturas perenes são ainda mais eficientes que as anuais quanto ao aproveitamento do S da subsuperfície, uma vez que possuem sistema radicular, em geral, mais profundo.

A exportação de S pelas principais culturas perenes é da mesma ordem de magnitude ou inferior a das culturas anuais. Na forma de café em coco, são exportados aproximadamente 9 kg de S para produção de 3 t de café beneficiado e 3 kg de S com os frutos para produções de 15 t de manga ou 30 t de laranja (Raij et al., 1996).

No plantio, é prático aplicar no mínimo 50 kg/ha de S nas covas ou sulcos, com expectativa de efeito residual durante alguns anos na fase de formação, sem necessidade de reaplicação. A aplicação de gesso agrícola nas doses recomendadas como corretivo da subsuperfície (Capítulo 3), realizada no plantio ou em talhões já estabelecidos, fornece S em quantidades elevadas, garantindo suprimento adequado por longo período durante a fase de produção.

Optando-se por adubações anuais na fase de produção, sugerem-se as mesmas recomendações das culturas anuais, até 30 kg/ha de S. Não é necessária sua aplicação quando a disponibilidade no solo é alta (Tabela 3).

Forrageiras

As recomendações de adubação com S devem considerar se as pastagens são puramente de gramíneas ou consorciadas com leguminosas e se elas são adubadas periodicamente com os demais nutrientes. Para pastagens puras de gramíneas que não recebem adubações de manutenção com N, P e K, as chances de resposta ao S são mínimas, pois, em geral, N e P são os nutrientes mais limitantes. Portanto, não é necessária a adubação com S.

Entretanto, para pastagens consorciadas, recomenda-se a aplicação de S, pois as leguminosas são supridas com N através da fixação simbiótica. Para solos com baixa disponibilidade de S (Tabela 3), é prático aplicar, no estabelecimento, no mínimo 50 kg/ha de S, não havendo necessidade de reaplicação durante alguns anos. As principais gramíneas e leguminosas utilizadas na região desenvolvem sistema radicular profundo, utilizando eficientemente o sulfato da subsuperfície.

Para pastagens puras, adubadas anualmente com N, P e K, o S deve ser aplicado, sugerindo-se seguir as mesmas recomendações e opções apresentadas para as culturas anuais de acordo com a análise do solo.

Em áreas utilizadas como capineiras ou para produção de feno, a exportação de nutrientes é elevada. Sugere-se efetuar aplicação anual de S na

proporção de 1/8 da dose anual de N ou aplicar dose elevada com menor frequência, acompanhando a área mediante a análise do solo pelo menos uma vez a cada dois anos.

Referências

ALVAREZ V., V. H. Enxofre: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBCS, 1988. p. 31-59.

BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.

BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. O enxofre no solo. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBCS, 1988. p. 11-29.

CAMPOS, R. de. **Efeitos de fontes e doses de enxofre na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Jaboticabal: UNESP, 1985. 87 p. Trabalho final de graduação em Agronomia.

COUTO, W.; RITCHEY, K. D. Enxofre. In: GOEDERT, W. J., (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1985. p. 223-235.

FREIRE, F. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H.; MELLES, C. C. A. **Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 20 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 11).

FREITAS, L. M. M. de; GOMES, F. P.; LOTT, W. L. Effect of sulphur fertilizer on coffee. **The Sulphur Institute Journal**, Washington, v. 8, p. 9-12, 1972.

JONES, M. B. Sulfur availability indexes. In: TABATABAI, M. A. (Ed.). **Sulfur in agriculture**. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 1986. p. 549-566. (Agronomy Monograph, 27).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; ROSOLEM, C. A.; FAGERIA, N. K.; GUIMARÃES, P. T. G. Sulphur responses of Brazilian crops. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 2153-2158, 1987.

MASCARENHAS, H. A. A.; KIIHL, R. A. S.; NAGAI, V. Aplicação de enxofre em soja cultivada em latossolo vermelho-escuro, fase arenosa, de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 33, p. LXIII-LXV, 1974. (Nota, 13).

McCLUNG, A. C.; FREITAS, L. M. M. de. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. **Ecology**, Durham, v. 40, p. 315-317, 1959.

McCLUNG, A. C.; FREITAS, L. M. M. de; MIKKELSEN, D. S.; LOTT, W. **A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no estado de São Paulo**. New York: IBEC Research Institute, 1961. 35 p. (IBEC Research Institute. Boletim, 27).

McCLUNG, A. C.; QUINN, L. R. **Respostas da grama Batatais (*Paspalum notatum*) às aplicações de enxofre e fósforo**. New York: IBEC Research Institute, 1959. 16 p. (IBEC Research Institute. Boletim, 18).

MOTAVALLI, P. P. **The effects of inorganic and organic soil amendments on sulfur availability to maize in an oxisol of Brazil**. 1989. 281f. Thesis (Ph. D.) - Cornell University, Ithaca.

PAIVA, P. J. R.; NICODEMO, M. L. F. **Enxofre no sistema solo-planta-animal**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1993. 45 p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 56).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RENDIG, V. V. Sulfur and crop quality. In: TABATABAI, M. A. (Ed.). **Sulfur in agriculture**. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 1986. p. 635-652. (Agronomy Monograph, 27).

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van. O uso do gesso e do superfosfato simples na cultura do algodoeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **[Anais]**. Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 159-174.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1995. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **[Anais]**. Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 277-306.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

VILELA, L.; RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E. Resposta da soja e do milho ao enxofre num latossolo vermelho.escuro sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 281-285, 1995.

VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 37 p.

VITTI, G. C.; MALAVOLTA, E.; FERREIRA, M. E. Respostas de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBCS, 1988. p. 61-85.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A.; PEREIRA, H. S.; DEMATTÊ, J. L. I. Resultados experimentais do uso do gesso na agricultura: cana de açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. [Anais]. Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 191-224.

VITTI, G. C.; NOVAES, N. J. Adubação com enxofre. In: MATTOS, H. B. de; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 191-231.

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBCS, 1988. p. 87-102.

Introdução

Justus von Liebig (1803–1873), pesquisador alemão considerado o “pai da Química Agrícola”, acreditava firmemente que através da análise das folhas é possível fazer recomendação de adubação. Mas para que isto seja possível, é necessário que haja uma estreita correlação entre as produções obtidas e as concentrações dos nutrientes nas plantas e entre essas concentrações com as doses aplicadas dos fertilizantes.

Nem sempre é possível encontrar estreitas correlações entre as concentrações dos nutrientes no solo com àquelas encontradas nas folhas. Por um lado, na análise de solo são empregadas soluções extratoras (ácidos diluídos, sais, água quente, resina) cujas condições não refletem aquelas observadas em condições de campo. Por outro lado, na análise do material vegetal, são quantificados os teores totais dos nutrientes, absorvidos pelas plantas, os quais dependem de vários fatores, tais como: teor no solo, umidade do solo, acidez do solo, desenvolvimento do sistema radicular, antagonismo e sinergismo entre os nutrientes, variedade cultivada, condições climáticas, tipo de fertilizante empregado, atividade microbiana, mineralização da matéria orgânica, tratos culturais, incidência de doenças e pragas.

Assim sendo, a análise foliar e a análise do solo são complementares, oferecendo informações valiosas na solução de algum problema nutricional,

como também no planejamento e na execução de algum programa de adubação.

Amostragem

Jackson (1976) dizia que a “análise não deve ser melhor que a amostragem”. Admite-se que mais de 90% dos erros cometidos na interpretação dos resultados analíticos sejam devidos à amostragem.

As concentrações dos nutrientes nas folhas estão diretamente relacionadas com: o estágio de crescimento, órgão analisado, variedade cultivada, local de coleta na planta e época de amostragem. Para uma boa amostragem de material vegetal, são apresentados na Tabela 1 os procedimentos a serem seguidos na coleta de folhas ou parte delas para as principais culturas do Cerrado (Malavolta et al., 1989; Malavolta, 1992; Raij, 1996).

De modo geral, o início da floração é a época mais indicada para se fazer a amostragem na grande maioria das culturas, colhendo as folhas recém-maduras. Não se devem coletar folhas novas, uma vez que haverá diluição de seus nutrientes, pelo fato de estarem em fase de crescimento (“efeito de diluição de massa”), ao passo que as folhas mais velhas têm tendência a acumular nutrientes.

Deve-se evitar a amostragem em locais próximos de estradas e/ou carreadores (contaminação pela poeira, etc.) e em plantas atacadas por doenças ou pragas. Plantações que receberam pulverização, contendo nutrientes (como fertilizante ou defensivo), só devem ser amostradas um mês após.

No caso de alguma plantação apresentar sintomas visuais de desordem nutricional, e a época não coincidir com a indicada na Tabela 1, sugere-se fazer amostragem nas plantas tidas como “anormais” e, naquelas consideradas “normais”, enviar o material colhido para o laboratório. Esse material vegetal deve ser colocado em sacos de papel, previamente identificados com o nome do proprietário, nome da propriedade, endereço

para correspondência, local da coleta, tipo de cultura, idade, estágio de crescimento (início, perfilhamento, florescimento, frutificação, maturação) e descrição dos sintomas observados, tipo e quantidade de calcário e fertilizante que foram empregados e enviado ao laboratório no prazo máximo de 24 horas. Caso não seja possível, o material deve ser lavado com água destilada e secado ao sol, antes de ser remetido ao laboratório.

Para melhor interpretação dos resultados, deve-se solicitar que seja feita uma análise completa (macro e micronutrientes). A análise parcial, apesar de mais barata, poderá não oferecer informações suficientes para uma boa interpretação dos resultados.

Tabela 1. Critérios para amostragem foliar.

| Cultura | Época | Tipo de folha | Número de folhas por gleba homogênea |
|-------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Culturas perenes | | | |
| Abacate | Fevereiro a março | Folhas com 5 a 7 meses de idade, coletadas nos quatro lados da planta | 100 folhas, de 25 plantas |
| Abacaxi | Antes da indução floral | Folha recém-madura ^(*) "D", normalmente a 4ª folha a partir do ápice (Figura 1) | 50 folhas, uma por planta |
| Acerola | Início da frutificação | Folhas jovens, expandidas, coletadas nos quatro lados da planta | 100 folhas, de 25 plantas |
| Banana | Florescimento | Retirar de 5 a 10 cm da porção central, da 3ª folha a partir da inflorescência | 50 folhas, uma por planta |
| Café | Dezembro a janeiro | Coletar na altura média da planta o 3º ou 4º par de folhas a partir da ponta de ramos frutíferos (Figura 2) | 100 folhas, em 50 plantas |
| Cana-de-açúcar | Aos 4 meses após a germinação (cana-planta) ou na brotação (cana-soca) | Coletar a porção mediana sem nervura principal da folha +3 (Figura 3) | 40 folhas, uma por planta |
| Citros | Dezembro a janeiro | Coletar a 2ª folha depois do fruto, uma folha em cada ponto cardeal (Figura 4) | 100 folhas, em 25 plantas |
| Eucalipto | Dezembro a junho | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) , de ramos primários, de cada ponto cardeal | 100 folhas, em 25 plantas |
| Goiaba | Início da frutificação | Coletar o 3º par de folhas desenvolvidas, a partir da ponta de ramos com frutos | 30 folhas, uma por planta |

continua...

Tabela 1. Continuação.

| Cultura | Época | Tipo de folha | Número de folhas por gleba homogênea |
|-------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|
| Culturas perenes | | | |
| Graviola | Florescimento | Coletar folhas maduras ^(*) na altura média da árvore, em ramos com flores | 100 folhas, em 25 plantas |
| Mamão | Florescimento | Coletar os pecíolos de folhas jovens, expandidas e maduras ^(*) (17 ^a a 20 ^a folhas a partir do ápice), com uma flor visível na axila | 30 folhas, em 15 plantas |
| Manga | Florescimento | Coletar folhas de ramos com flores na extremidade | 80 folhas, de 20 plantas. |
| Maracujá | Março a junho | Coletar a 3 ^a ou 4 ^a folha a partir da ponta | 50 folhas, uma por planta |
| Pinus | Dezembro a junho | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) , de ramos primários, de cada ponto cardeal | 100 folhas, em 25 plantas |
| Pupunha | Novembro a março | Amostrar plantas com altura superior a 1,6 m, retirando os folíolos da parte mediana da folha +2 (segunda folha mais nova com limbo totalmente expandido) | 20 folhas, uma por planta |
| Seringueira | Dezembro a junho | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) , à sombra na base do terço superior da copa | 50 folhas, em 25 plantas |
| Culturas anuais | | | |
| Algodão | Início do florescimento | Coletar o limbo da 5 ^a folha a partir do ápice da haste principal | 50 limbos, um por planta |
| Amendoim | Início do florescimento | Coletar a 4 ^a folha a partir da base | 30 folhas, uma por planta |
| Arroz | Época do perfilhamento | Coletar a folha recém-madura que forma um "Y" (folha bandeira) em relação à folha nova e enrolada acima | 50 folhas, uma por planta |
| Aveia | Época do perfilhamento | Coletar a folha recém-madura ^(*) que forma um "Y" (folha bandeira) em relação à folha nova e enrolada acima | 50 folhas, uma por planta |
| Cevada | Época do perfilhamento | Coletar a folha recém-madura que forma um "Y" (folha bandeira) em relação à folha nova e enrolada acima | 50 folhas, uma por planta |
| Ervilha | Época do florescimento | Coletar os folíolos recém-desenvolvidos | 50 folíolos, um por planta |
| Feijão | Época do florescimento | Coletar a primeira folha amadurecida ^(*) a partir da ponta | 50 folhas, uma por planta |

continua...

Tabela 1. Continuação.

| Cultura | Época | Tipo de folha | Número de folhas por gleba homogênea |
|--|--|--|--------------------------------------|
| Culturas anuais | | | |
| Girassol | Início do florescimento | Coletar as folhas do terço superior | 30 folhas, uma por planta |
| Mamona | Início do florescimento | Coletar o limbo da 4ª folha a partir da ponta | 30 limbos, um por planta |
| Mandioca | De 3 a 4 meses de idade | Coletar a primeira folha recém-madura ^(*) | 30 folhas, uma por planta |
| Milho | Aparecimento da inflorescência feminina ("cabelo") | Coletar o terço central da folha abaixo da espiga | 30 folhas, uma por planta |
| Soja | No florescimento | Coletar a 3ª folha com pecíolo | 30 folhas, uma por planta |
| Sorgo | Início do florescimento | Coletar a 4ª folha, com bainha visível, a partir do ápice | 30 folhas, uma por planta |
| Trigo | Início do florescimento | Coletar a folha recém-madura ^(*) que forma um "Y" (folha bandeira) em relação à folha nova e enrolada acima | 30 folhas, uma por planta |
| Triticale | Início do florescimento | Coletar a folha recém madura que forma um "Y" (folha bandeira) em relação à folha nova e enrolada acima | 30 folhas, uma por planta |
| Leguminosas (Adubos Verdes) e Forrageiras | | | |
| Crotalária, Feijão-de-porco, Feijão-guandu, Lab-lab, Mucuna, Tremoço | Início do florescimento | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) | 50 folhas, uma por planta |
| Amendoim forrageiro | Início do florescimento | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) , de preferência a 4ª folha a partir da base | 50 folhas, uma por planta |
| Capim em geral | Novembro a fevereiro | Coletar as folhas verdes no porte de serem consumidas pelos animais | 50 folhas, uma por planta |
| Leucena, Soja perene, Stylosantes | Início do florescimento | Coletar as folhas recém-maduras ^(*) | 50 folhas, uma por planta |

(*) Folha completamente desenvolvida.

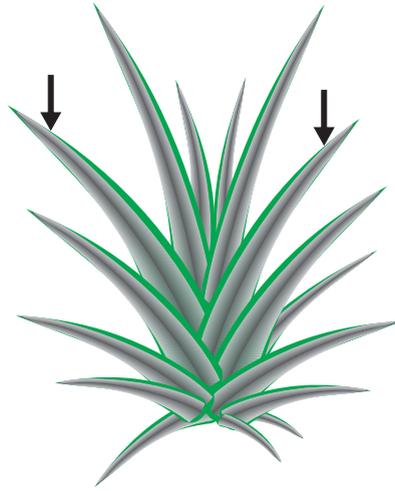


Figura 1. Posição das folhas amostradas no abacaxi.

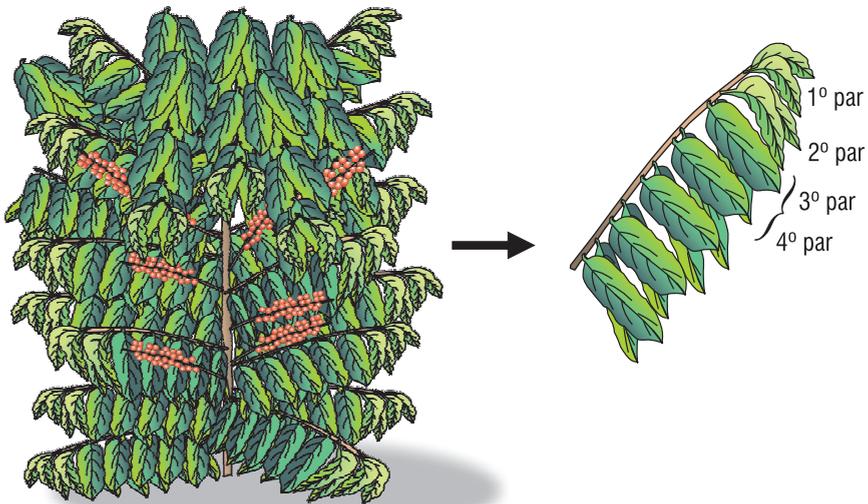


Figura 2. No café, são analisados o terceiro e o quarto pares das folhas, com mais de 2,5 cm de comprimento, dos ramos com frutos, a meia altura da planta. Fonte: Malavolta (1992).

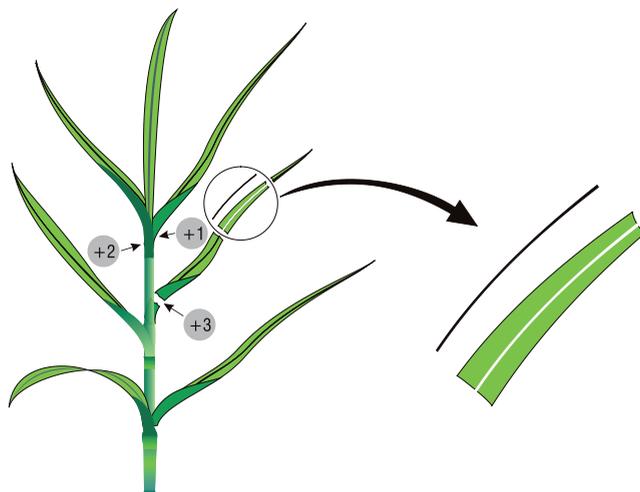


Figura 3. Na cana-de-açúcar, colhe-se a folha +3 e analisa-se a parte mediana sem a nervura principal.
Fonte: Malavolta (1992).

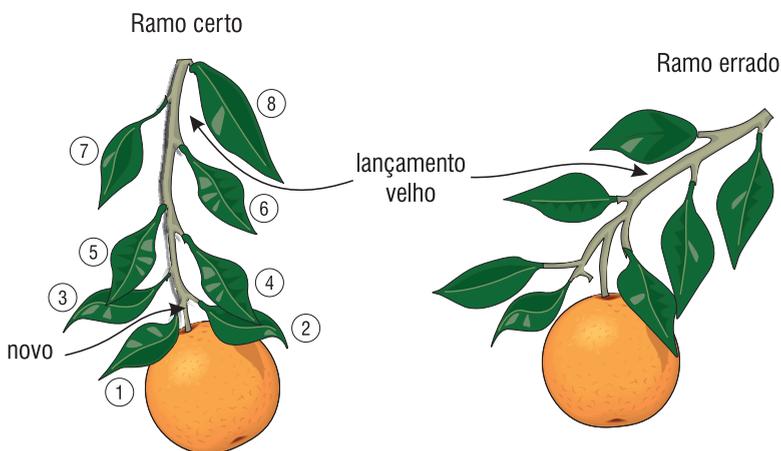


Figura 4. Nos citros, são analisadas as folhas de dois a quatro quando os frutos têm de 2 cm a 4 cm de diâmetro.
Fonte: Malavolta (1992).

Interpretação

Nas Tabelas 2 e 3, são apresentadas as concentrações dos macro e micronutrientes que servirão de referência à interpretação dos resultados obtidos na análise foliar. Os nutrientes são comparados, individualmente, sem levar em consideração as relações e interações entre eles. A fim de contornar essa limitação, Beaufigli (1971, 1973) criou o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) o qual propicia melhor interpretação dos resultados. Atualmente no Brasil, os trabalhos sobre essa metodologia são bastante escassos, apesar do crescente interesse pelo assunto (Oliveira & Sousa, 1993; Oliveira & Cassol, 1995; Bernardi et al, 1996; Malavolta & Oliveira, 1996).

Elwali & Gascho (1984), ao comparar métodos de recomendação de adubação para cana-de-açúcar, observaram que a adubação feita com base nas informações obtidas pelo método DRIS, ocasionou uma produtividade de 85,9 t/ha contra 74,3 t/ha alcançadas quando a interpretação foi feita, embasada em níveis críticos.

Entretanto, enquanto não se dispõe de um sistema que permita uma interpretação pelo método DRIS, os valores tabelados são os mais indicados.

Tabela 2. Concentrações adequadas de macronutrientes para as principais culturas no Cerrado.

| Cultura | N | P | K | Ca | Mg | S |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|---------|---------|
| ----- g/kg ----- | | | | | | |
| Culturas perenes | | | | | | |
| Abacate | 16-20 | 0,8-2,5 | 7-20 | 10-30 | 2,5-8,0 | 2,0-6,0 |
| Abacaxi | 15-17 | 0,8-1,2 | 22-30 | 8-12 | 3,0-4,0 | 2,0-3,0 |
| Acerola | 20-24 | 0,8-1,2 | 15-20 | 15-25 | 1,5-2,5 | 4,0-6,0 |
| Banana | 27-36 | 1,8-2,7 | 35-54 | 3-12 | 3,0-6,0 | 2,0-8,0 |
| Café | 26-32 | 1,2-2,0 | 18-25 | 10-15 | 3,5-5,0 | 1,5-2,0 |
| Cana-de-açúcar (planta) | 19-21 | 2,0-2,4 | 11-13 | 8-10 | 2,0-3,0 | 2,5-3,0 |
| Cana-de-açúcar (s oca) | 20-22 | 1,8-2,0 | 13-15 | 5-7 | 2,0-2,5 | 2,5-3,0 |
| Citros | 25-27 | 1,2-1,6 | 10-15 | 35-45 | 2,3-4,0 | 2,0-3,0 |
| Eucalipto | 14-16 | 1,0-1,2 | 10-12 | 8-12 | 4,0-5,0 | 1,5-2,0 |
| Goiaba | 13-16 | 1,4-1,6 | 13-16 | 9-15 | 2,4-4,0 | 3,0 |

continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultura | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | ----- g/kg ----- | | | | | |
| Culturas perenes | | | | | | |
| Graviola | 25-28 | 1,4-1,5 | 26 | 8-17 | 4,0 | 1,5-1,7 |
| Mamão (pecíolo) | 10-25 | 2,2-4,0 | 35-50 | 10-30 | 4,0-10 | 4,0-6,0 |
| Mandioca | 45-60 | 2,5-5,0 | 10-20 | 5-15 | 2,0-5,0 | 3,0-4,0 |
| Manga | 12-14 | 0,8-1,6 | 5-10 | 20-35 | 2,5-5,0 | 0,8-1,8 |
| Maracujá | 40-50 | 2,3-2,7 | 20-30 | 15-25 | 2,0-2,5 | 3,0-4,0 |
| Pinus | 11-13 | 0,8-1,2 | 6-10 | 3-5 | 1,3-2,0 | 1,3-1,6 |
| Pupunha | 22-35 | 2,0-3,0 | 9-15 | 2,5-4 | 2,5-4,0 | 2,0-3,0 |
| Seringueira | 29-35 | 1,6-2,5 | 10-17 | 0,7-0,9 | 1,7-2,5 | 1,8-2,6 |
| Culturas anuais | | | | | | |
| Algodão | 35-40 | 2,0-4,0 | 15-25 | 20-35 | 3,0-8,0 | 4,0-8,0 |
| Amendoim | 30-45 | 2,0-5,0 | 17-30 | 12-20 | 3,0-8,0 | 2,0-3,5 |
| Arroz | 27-35 | 1,8-3,0 | 13-30 | 2,5-10 | 1,5-5,0 | 1,5-3,0 |
| Aveia | 20-30 | 2,0-5,0 | 15-30 | 2,5-5,0 | 1,5-5,0 | 1,5-4,0 |
| Cevada | 17-30 | 2,0-5,0 | 15-30 | 2,5-6,0 | 1,5-5,0 | 1,5-4,0 |
| Ervilha | 40-60 | 3,0-8,0 | 20-35 | 12-20 | 3,0-7,0 | - |
| Feijão | 30-50 | 2,5-4,0 | 20-25 | 10-25 | 2,5-5,0 | 2,0-3,0 |
| Girassol | 30-50 | 3,0-5,0 | 30-45 | 8,0-22 | 3,0-8,0 | 1,5-2,0 |
| Mamona | 40-50 | 3,0-4,0 | 30-40 | 15-25 | 2,5-3,5 | 3,0-4,0 |
| Milho | 28-35 | 1,8-3,0 | 13-30 | 2,5-10 | 1,5-5,0 | 1,4-3,0 |
| Soja | 45-55 | 2,5-5,0 | 17-25 | 4,0-20 | 3,0-10 | 2,1-4,0 |
| Sorgo | 25-35 | 2,0-4,0 | 14-25 | 2,5-6 | 1,5-5,0 | 1,5-3,0 |
| Trigo | 20-34 | 2,1-3,3 | 15-30 | 2,5-10 | 1,5-4,0 | 1,5-3,0 |
| Leguminosas (Aubos Verdes)⁽¹⁾ | | | | | | |
| Leguminosas em geral | 20-45 | 1,3-3,0 | 12-30 | 5-20 | 2,0-5,0 | 1,5-3,0 |
| Forrageiras | | | | | | |
| Andropogon | 12-25 | 1,1-3,0 | 12-25 | 2,0-6,0 | 1,5-4,0 | 0,8-2,5 |
| <i>B. brizantha</i> | 13-20 | 0,8-3,0 | 12-30 | 3,0-6,0 | 1,5-4,0 | 0,8-2,5 |
| <i>B. decumbens</i> | 12-20 | 0,8-3,0 | 12-25 | 2,0-6,0 | 1,5-4,0 | 0,8-2,5 |
| Coast-cross | 15-25 | 1,5-3,0 | 15-30 | 3,0-8,0 | 2,0-4,0 | 1,0-3,0 |
| Capim Elefante | 15-25 | 1,5-3,0 | 15-30 | 3,0-8,0 | 2,0-4,0 | 1,0-3,0 |
| Capim Jaraguá | 13-15 | 0,6-1,0 | 11-17 | 2,3-4,5 | 1,5-2,3 | 1,3-1,8 |
| Leucena | 20-48 | 1,5-3,0 | 1,3-3,0 | 5,0-20 | 2,0-4,0 | 1,5-3,0 |
| <i>Panicum maximum</i> | 15-25 | 1,0-3,0 | 15-30 | 3,0-8,0 | 1,5-5,0 | 1,0-3,0 |
| <i>Sectaria anceps</i> | 12-22 | 8,0-30 | 12-30 | 2,0-7,0 | 1,5-4,0 | 1,0-2,5 |
| Soja perene | 20-40 | 1,5-3,0 | 12-30 | 5,0-20 | 2,0-5,0 | 1,5-3,0 |
| <i>Stylosantes guianensis</i> | 20-40 | 1,5-3,0 | 10-30 | 5,0-20 | 1,5-4,0 | 1,5-3,0 |

⁽¹⁾ Crotalária, Feijão-de-porco, Feijão-guandu, Lab-lab, Mucuna, Tremçoço.

Fonte: Malavolta et al. (1989); Malavolta (1992); Manica (1994); Raj et al. (1996).

Tabela 3. Concentrações adequadas de micronutrientes para as principais culturas no Cerrado.

| Cultura | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|--|-------------------|--------|---------|----------|-----------|--------|
| | ----- mg/kg ----- | | | | | |
| Culturas perenes | | | | | | |
| Abacate | 50-100 | 5-15 | 50-200 | 30-100 | 0,05-1,0 | 30-100 |
| Abacaxi | 20-40 | 5-10 | 100-200 | 50-200 | - | 5-15 |
| Acerola | 25-100 | 5-15 | 50-100 | 15-50 | - | 30-50 |
| Banana | 10-25 | 6-30 | 80-360 | 200-2000 | - | 20-50 |
| Café | 50-80 | 10-20 | 50-200 | 50-200 | 0,1-0,2 | 10-20 |
| Cana-de-açúcar (planta) | 15-50 | 8-10 | 200-500 | 100-250 | 0,15-0,30 | 25-50 |
| Cana-de-açúcar (soca) | 20-50 | 8-10 | 80-150 | 50-125 | - | 25-30 |
| Citros | 36-100 | 5-16 | 60-120 | 25-50 | 0,1-1,0 | 25-100 |
| Eucalipto | 30-50 | 7-10 | 150-200 | 400-600 | 0,5-1,0 | 35-50 |
| Goiaba | - | 10-16 | 144-162 | 202-398 | - | 28-32 |
| Mamona (limbo) | 20-30 | 4-10 | 25-100 | 20-150 | - | 15-40 |
| Mandioca | 15-50 | 5-25 | 60-200 | 25-100 | 0,1-0,2 | 35-100 |
| Manga | 50-100 | 10-50 | 50-200 | 50-100 | - | 20-40 |
| Maracujá | 40-100 | 10-15 | 120-200 | 40-250 | 1,0-1,2 | 25-60 |
| Pinus | 12-25 | 4-7 | 100-200 | 250-600 | 0,5-1,0 | 35-50 |
| Pupunha | 12-30 | 4-10 | 40-200 | 30-150 | - | 15-40 |
| Seringueira | 20-70 | 10-15 | 50-120 | 40-150 | - | 20-40 |
| Culturas anuais | | | | | | |
| Algodão | 30-50 | 5-25 | 40-250 | 25-300 | - | 25-200 |
| Amendoim | 25-60 | 5-20 | 50-300 | 20-350 | 0,1-5,0 | 20-60 |
| Arroz | 4-25 | 3-25 | 70-200 | 70-400 | 0,1-0,3 | 10-50 |
| Aveia | 5-20 | 5-25 | 40-150 | 25-100 | 0,2-0,3 | 15-70 |
| Cevada | 5-20 | 5-25 | 25-100 | 20-100 | 0,1-0,2 | 15-70 |
| Ervilha | 25-60 | 7-25 | 50-300 | 30-400 | 0,6-1,0 | 25-100 |
| Feijão | 30-60 | 10-20 | 100-450 | 30-300 | 0,4-1,0 | 20-100 |
| Girassol | 35-100 | 25-100 | 80-120 | 10-20 | - | 30-80 |
| Milho | 10-25 | 6-20 | 30-250 | 20-200 | 0,1-0,2 | 15-100 |
| Soja | 21-55 | 10-30 | 51-350 | 21-100 | 1,0-5,0 | 20-50 |
| Sorgo | 4-20 | 5-25 | 100-300 | 25-150 | 0,3-0,5 | 20-70 |
| Trigo | 5-20 | 5-25 | 10-300 | 25-150 | 0,3-0,5 | 20-70 |
| Leguminosas (Adubos Verdes)⁽¹⁾ | | | | | | |
| Leguminosas em geral | 25-50 | 5-10 | 40-200 | 40-200 | - | 20-50 |

continua...

Tabela 3. Continuação.

| Cultura | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|-------------------------------|-------------------|------|---------|---------|-----------|-------|
| | ----- mg/kg ----- | | | | | |
| Forrageiras | | | | | | |
| Andropogon | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| <i>B. brizantha</i> | 10-25 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| <i>B. decumbens</i> | 10-20 | 4-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| Coast-cross | 10-25 | 4-14 | 5-200 | 40-200 | - | 30-50 |
| Capim-elefante | 10-25 | 4-17 | 50-200 | 40-200 | 0,5-0,8 | 20-50 |
| Capim-jaraguá | 20-25 | 3-5 | 150-200 | 200-300 | 0,11-0,15 | 25-30 |
| Leucena | 25-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | - | 20-50 |
| <i>Panicum maximum</i> | 10-30 | 4-14 | 50-200 | 40-200 | 0,5-1,0 | 20-50 |
| <i>Sectaria anceps</i> | 10-25 | 5-12 | 50-250 | 40-250 | - | 20-50 |
| Soja perene | 30-50 | 5-12 | 40-250 | 40-150 | - | 20-50 |
| <i>Stylosantes guianensis</i> | 25-50 | 6-12 | 40-250 | 40-150 | - | 20-50 |

(1) Crotalária, Feijão-de-porco, Feijão-guandu, Lab-lab, Mucuna, Tremçoço.

Fonte: Malavolta et al. (1989); Malavolta (1992); Manica (1994); Raji et al. (1996).

Referências

BEAUFILS, E. R. Physiology diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber tress. **Fertilizer Society South African Journal**, Pietermaritzburg, v. 1, p. 1-30, 1971.

BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recomendations integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Bulletin of Soil Science**, Pietermaritzburg, v. 1, p. 1-132, 1973.

BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; OLIVEIRA, S. A. Faixas adequadas de nutrientes para citros. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Solo – Suelo 96**: resumos. Águas de Lindóia: USP/SLCS/SBCS/CEA/SBM, 1996. 1 CD ROM.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 3, p. 466-470, 1984.

JACKSON, L. M. **Análisis químicos de suelos**. Barcelona: Omega, 1976. 662 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional do eucalipto em povoamento com diferentes idades e produtividade.** [S.l. s.n.: 1996]. 83 p. Relatório Técnico apresentado à Transurbes Agro. Florestal Ltda.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e perspectivas.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.

MANICA, I. (Coord.). **Fruticultura - cultivo de anonáceas:** ata, cherimólia e graviola. Porto Alegre: Ivo Manica Ed., 1994. 116 p.

OLIVEIRA, S. A.; CASSOL, J. J. Níveis de suficiência no solo e nas folhas para a soja no município de Campo Novo do Parecís - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos.** Viçosa: UFV, 1995. v. 2. p. 562-563.

OLIVEIRA, S. A.; SOUSA, D. M. G. de. Uso do DRIS modificado na interpretação de análise de solo para a soja na região Leste de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Cerrados:** fronteira agrícola no século XXI: resumos. Goiânia: SBCS, 1993. v. 2, p. 83-84.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva

Edson Lobato

Djalma M. Gomes de Sousa

Introdução

O conhecimento sobre a acidez e a pobreza em nutrientes dos solos de Cerrado é um pressuposto.

Apesar de o tema ser a fertilidade do solo não é possível tratá-lo sem, pelo menos comentar, ainda que superficialmente, os demais fatores de produção. Em uma propriedade rural, qualquer que seja sua característica, se pequena, média ou grande, com o propósito comercial, a sustentabilidade do negócio agrícola ou pecuário será atingida apenas se a gerência dessa propriedade for capaz de contemplar apropriadamente todos os fatores envolvidos no processo produtivo. Definir, com clareza, o que produzir, com que características, com que insumos, com que tecnologias, em que época, a que custo, para que mercado, competindo com quem, são aspectos indispensáveis. Não se pode prescindir da visão da propriedade como um todo na sua oferta ambiental e nos recursos humanos, financeiros e materiais disponíveis ou disponibilizáveis em uma combinação inteligente para tirar proveito de oportunidades e evitar ameaças presentes ou previsíveis no ambiente dela própria e naquele no qual está inserida. Nesse contexto, a fertilidade do solo que isoladamente tem importância acadêmica, passa a ser fundamental.

Já se dispõe de informações de pesquisa que, se bem utilizadas, permitem transformar os solos pobres de Cerrado em solos tão ou mais produtivos do que os mais férteis do País graças à oferta ambiental do Cerrado brasileiro.

Procura-se avaliar, a seguir, em que nível de fertilidade os solos devem ser manejados, em especial, sob a ótica da economia.

Fatores de produção agrícola

Os fatores clássicos de produção normalmente citados são: terra, trabalho e capital. Um quarto fator de produção, o conhecimento tecnológico, deve também ser incluído.

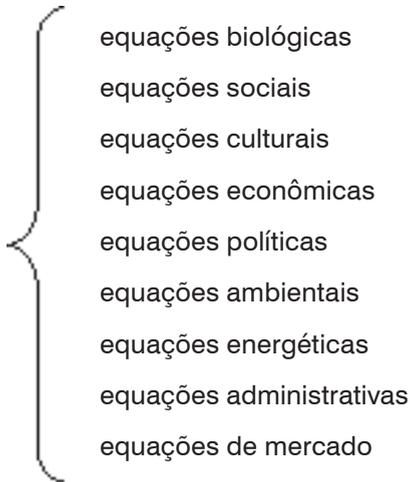
No processo de desenvolvimento econômico de diferentes nações, são utilizados todos esses fatores em combinações variadas e apropriadas para cada caso. Assim, países com pequenas dimensões territoriais procuram fazer do maior uso do trabalho, capital e tecnologia os fatores propulsores do desenvolvimento. Como exemplo, podem ser citados o Japão, alguns países nórdicos, a Holanda e alguns países asiáticos. Por sua vez, existe uma corrente de pensamento econômico que defende o uso da terra em maior escala como fator propulsor do desenvolvimento em países de grandes dimensões territoriais. Em nível mundial, essa corrente de pensamento já perdeu grande parte da sua importância, e o número de defensores hoje é relativamente pequeno e em declínio. No Brasil, entretanto, existem grupos de teóricos que ainda defendem o uso de maiores áreas de terra e mais trabalho, considerados abundantes e de baixo custo, como os elementos-chave para o desenvolvimento. Em consequência, no tocante ao aproveitamento agroindustrial da região do Cerrado ainda ocorrem questionamentos sobre a tecnologia que está sendo gerada para o segmento agrícola. Os críticos argumentam que o modelo de desenvolvimento agrícola do Cerrado é capital intensivo, sendo o País extremamente carente em capital e tendo como fatores abundantes terra e trabalho. Concluem, assim, que seria mais racional usar mais os fatores terra e trabalho e menos o fator capital que é escasso.

Nesse ponto, é de se duvidar que o pressuposto do domínio público do conhecimento sobre a pobreza generalizada dos solos do Cerrado seja verdadeiro.

Tentar produzir, comercialmente, nesses solos, via uso da terra, em larga escala, nos latossolos, areias quartzosas, podzólicos, lateritas hidromórficas e gleys que representam a quase totalidade dos solos da região do Cerrado é uma recomendação desprovida de base científica e econômica. A terra é abundante em quantidade, mas limitada na sua fertilidade. A mão de obra deixou de ser abundante no meio rural, além de estar com seu uso limitado, seja por falta de qualificação profissional dos operários rurais, seja devido à atual legislação trabalhista para o campo, onerando os custos e reduzindo a competitividade em contraposição à mecanização dos processos.

A substituição do capital por terra pode ser viável em situações específicas, quando não existe pressão de uso sobre a terra e seu valor de mercado é relativamente baixo. Essa situação ainda existe em algumas áreas diferenciadas do Cerrado. Nessas circunstâncias, pode existir um sistema de criação de gado (pecuária extensiva), produzindo cerca de 20 kg de carne por hectare por ano, como uma atividade econômica estável. Pode inclusive, haver áreas onde, por curtos períodos de tempo, sejam desenvolvidas atividades extrativas de carvão, lenha, madeira, fibras, oleaginosas, látex, frutos comestíveis, plantas medicinais e mesmo agricultura de subsistência. Nesses sistemas de produção, tanto a terra como a mão de obra podem ser utilizadas em maior quantidade em substituição ao capital. Contudo, esses sistemas de produção pouco intensivos no uso de capital e de tecnologia foram importantes no passado quando grande parte da população residia nas zonas rurais. Atualmente, o valor agregado da produção obtida nesses sistemas é de importância marginal e eles não atendem mais às necessidades de uma população predominantemente urbana.

Pode-se afirmar que uma propriedade agrícola sustentável deve resultar da otimização do conjunto-solução de um sistema de equações do tipo:



As equações econômicas são, em geral, as que apresentam resultados mais rápidos e perceptíveis para as decisões tomadas. Por isso mesmo, a preocupação com elas leva muitos a não obedecer às restrições de outras equações, como as biológicas e ambientais e a adotar o monocultivo de culturas que comercialmente sejam interessantes. Daí termos vários exemplos indesejáveis de monocultivos como os da soja, do feijão e do algodão.

Nos últimos anos, houve investimentos vultosos na formação de recursos humanos especializados, de tal modo que, atualmente, já se dispõe de conhecimentos sobre vários componentes dessas equações. Porém, não se tem investido de maneira equilibrada na formação de indivíduos capazes de resolver sistemas de equações, observando os limites e restrições desses sistemas. Em outras palavras, dispõe-se de pessoas capacitadas para executar trabalhos de análise, mas poucos capazes de sintetizá-los, enxergando a propriedade agrícola como um todo e inserida num ambiente externo de dimensão global. Essa é uma limitação de natureza técnica e pode restringir o sucesso nas análises, interpretações e recomendações de conjuntos de técnicas e práticas agrícolas.

O desenvolvimento econômico do Cerrado deve passar pela formação de um complexo agroindustrial forte e atuante que, além de propiciar o

surgimento de um segmento agrícola tecnicizado e produtivo, seja capaz de gerar empregos e renda para a região.

A eficiência no processo produtivo

Até o final da década de 1970, não era comum a discussão sobre o tema relativo à eficiência do processo produtivo na região Centro-Oeste do Brasil. Naquela época, as políticas macroeconômicas eram voltadas para o desenvolvimento acelerado da região do Cerrado como uma alternativa de produção de alimentos, especialmente, grãos. Como um segundo objetivo, não menos importante, os governos da época estimularam a ocupação dessa região, baseados numa filosofia de integração dos espaços vazios, como fundamento para um processo duradouro de segurança nacional.

Um conjunto de fatores, representado por um ambiente econômico de programas voltados para essa região e de subsídios elevados para alguns insumos importantes para a agricultura, abriu espaço para certo nível de ineficiência no processo produtivo. Assim, no início do desenvolvimento da agricultura no Cerrado, o grau de utilização das tecnologias, então existentes, deixava a desejar. Mesmo assim, vultosos investimentos foram realizados para possibilitar a formação de um parque produtivo na região.

A partir de determinado momento, os subsídios foram retirados e programas de desenvolvimento regional desativados em curto espaço de tempo. Como consequência, os custos de produção foram bruscamente elevados, e os produtores viram-se ante uma necessidade imperativa: ou se ajustavam rapidamente à nova situação, diminuindo custos e aumentando a eficiência técnica e econômica, ou faliam. Mas a busca da eficiência, como toda aprendizagem, é um processo que leva tempo e exige sensibilidade administrativa e investimentos tanto em recursos materiais (novas máquinas e equipamentos, por exemplo) como em recursos humanos (mão de obra mais qualificada, inclusive na administração e na gerência dos estabelecimentos rurais).

A eficiência pode ser definida como a relação entre as saídas e as entradas no processo de produção agrícola, podendo ser medida em termos de unidades de valores monetários ou de energia entre outros. Essa relação deve ser maior que 1, numa ordem de grandeza que satisfaça o produtor rural e a sociedade.

Na agricultura, trabalha-se com fatores de difícil controle ou mesmo incontroláveis como temperatura, luminosidade, textura do solo e topografia. Por sua vez, há fatores controláveis e todo o esforço deve ser despendido para controlá-los. Existe uma longa lista de fatores que podem ser controlados tais como: variedades ou híbridos, épocas de semeadura, espaçamentos, pragas, doenças, invasoras, acidez do solo, insuficiência de nutrientes e interações. As interações constituem ponto-chave do processo produtivo uma vez que se pode aumentar bastante a eficiência do processo via interações como: populações de plantas com doses de nitrogênio, híbridos com níveis nutricionais, defensivos com doses de fósforo, defensivos com doses de potássio, preparo do solo com uma sequência de culturas, nutrientes com modos de aplicação, nutrientes com nutrientes, nutrientes com irrigação, fertilidade do solo com doenças, nutrientes com qualidade do produto, calcário com nutrientes com espécies e variedades. Há um elenco de interações e cabe ao empresário, administrador rural, tirar proveito delas. Conhecer e saber usar as interações significa ter como resultado do uso de dois ou mais desses fatores interativos, mais do que o somatório dos benefícios obtidos com o uso individual de cada fator. Contudo, os mecanismos de controle dos chamados fatores controláveis da agricultura requerem o uso de capital. A utilização pura e simples do ambiente natural do Cerrado não permite exercitar muitos desses controles.

Fertilidade do solo e economia da produção

Quando se fala em aumento da eficiência produtiva, frequentemente, está se referindo a ganhos de produtividade. Ao se propor aumentos de produtividade, fala-se de fatos concretos. Como exemplo, pode-se analisar o que ocorre com duas das culturas mais importantes para o Cerrado, o milho e

a soja. Na Tabela 1, observa-se que a produtividade média de milho nos últimos cinco anos foi de 2,77 t/ha no Brasil e 3,71 t/ha na região Centro-Oeste, essencialmente no Cerrado. Dentro da região, a maior média foi a do Distrito Federal com 4,88 t/ha seguido de perto pelo Estado de Goiás. Bons produtores têm colhido 11,00 t/ha e a pesquisa, 17,00 t/ha. Para a soja, a produtividade média, observada nos últimos cinco anos, foi de 2,43 t/ha no País e 2,72 t/ha na região Centro-Oeste. As maiores produtividades têm sido as de Mato Grosso com 2,88 t/ha, com valores crescentes, anualmente, nos cinco anos computados para obtenção desse valor médio. Os melhores produtores têm colhido 4,80 t/ha, e a pesquisa até 7,50 t/ha. Como se vê, entre a produtividade média do País, a do Cerrado, aquelas dos melhores produtores e a da pesquisa há uma boa diferença a ser conquistada pela maioria dos produtores.

Tabela 1. Produtividades atuais e potenciais de milho e soja.

| Produtores | Produtividade | |
|-------------------------|----------------------|---------------------|
| | Milho ⁽¹⁾ | Soja ⁽²⁾ |
| | ----- t/ha ----- | |
| Brasil | 2,77 | 2,43 |
| Centro-Oeste | 3,71 | 2,72 |
| Mato Grosso | - | 2,88 |
| Distrito Federal | 4,88 | - |
| Melhores ⁽³⁾ | 11,00 | 4,80 |
| Pesquisa ⁽³⁾ | 17,00 | 7,50 |

Fonte: ⁽¹⁾ IBGE. Média dos últimos cinco anos agrícolas.

⁽²⁾ Conab/Dipla. Média dos últimos cinco anos agrícolas.

⁽³⁾ Embrapa Cerrados.

Agricultura de sequeiro

Para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro no Cerrado há necessidade de investimentos iniciais elevados. A transformação de um hectare de Cerrado em condições naturais em um hectare de terra pronta para produzir, comercialmente, pode alcançar valores relativamente altos, como

pode ser observado na Tabela 2. A estrutura de custos indica que o item insumos, incluindo calcário, gesso, fosfato, adubo potássico e micronutrientes, alcança a cifra de US\$ 218,00, representando 41,7% do custo final do hectare; é uma parcela importante gasta apenas para corrigir a pobreza natural do solo. Os serviços de desmatamento e enleiramento, catação de raízes e queima, aplicação e incorporação dos corretivos e fertilizantes, terraceamento e outras despesas totalizam US\$ 230,00, o que representa 44,0% do custo final. Benfeitorias e máquinas agrícolas somam US\$ 75,00 que, em termos relativos, equivalem a 14,3% do total. Dessa forma, o custo total para transformar um hectare de Cerrado virgem em uma área pronta para a produção de grãos é de US\$ 523,00.

Considerando-se que o preço médio desse hectare de Cerrado virgem é de US\$ 168,00, verifica-se que o investimento inicial necessário para preparar essa área para a produção representa três vezes o valor da própria terra. Por isto é que, sendo a terra barata, muitos preferiam, em vez de investir na produção, comprar uma área quatro vezes maior e especular com a terra. A terra deixava de ser destinada à produção sendo transformada em um ativo fixo de reserva de valor. Mais recentemente, essa alternativa tem deixado de ser atraente.

Somando-se aos investimentos iniciais, amortizáveis em certo período de tempo, os custos variáveis das lavouras, chega-se a determinados valores, podendo-se estabelecer limites mínimos de produtividade, acima do qual se deve trabalhar para tornar a atividade rentável. Ultimamente, o ritmo de abertura de novas áreas tem diminuído, e a agricultura ocupado áreas de pastagens degradadas. Nesses casos, dos custos apresentados acima, devem-se subtrair os valores correspondentes ao desmatamento e ao enleiramento, bem como os de limpeza da área.

O empresário rural, ao elaborar o plano anual de trabalho para sua propriedade, trabalha com algumas expectativas, tanto de produtividade como de preços para seus produtos. Essas expectativas nem sempre se materializam. Caso elas sejam superadas, ou seja, colheita maior que a esperada ou preços mais altos do que os previstos, ou as duas juntas, o

empresário estará em situação melhor do que a esperada. A frustração das expectativas, tanto em termos de menores produtividades ou de menores preços ou ambas representa problema.

Tabela 2. Custo médio de transformação de um hectare de Cerrado em solo produtivo, sem irrigação e com irrigação.

| Item | Custo ⁽¹⁾ | Custo relativo | |
|--|----------------------|----------------|------------------------------|
| | | sem irrigação | com irrigação ⁽²⁾ |
| | US\$ | ----- | % ----- |
| Insumos | 218 | 41,7 | 9,4 |
| Calcário | 50 | 9,6 | 2,1 |
| Gesso | 25 | 4,8 | 1,1 |
| Fósforo | 102 | 19,5 | 4,4 |
| Potássio | 32 | 6,1 | 1,4 |
| Micronutrientes | 9 | 1,7 | 0,4 |
| Serviços | 230 | 44,0 | 9,9 |
| Desmatamento/enleiramento | 85 | 16,2 | 3,7 |
| Catação de raízes/queima | 50 | 9,6 | 2,1 |
| Distrib./incorp.de corretivos e adubos | 76 | 14,5 | 3,3 |
| Terraceamento | 14 | 2,7 | 0,6 |
| Outras despesas | 5 | 1,0 | 0,2 |
| Benfeitorias e máquinas agrícolas | 75 | 14,3 | 3,2 |
| Equipamento de irrigação | 1800 | - | 77,5 |
| Custo total sem irrigação | 523 | 100,0 | - |
| Custo total com irrigação | 2323 | - | 100,0 |
| Preço médio da terra | 168 | - | - |

⁽¹⁾ US\$ 1,00= R\$ 2,376.

⁽²⁾ Irrigação com pivô-central.

Considerando-se o custo médio de produção (custeio) do ano agrícola 2001–2002 e o valor da soja de R\$ 18,00 o saco, a Figura 1 mostra que a produtividade necessária para pagá-los é de 35 sacos/ha; esse seria o ponto de nivelamento da produção a partir do qual as taxas de retorno passariam a ser positivas. Assim, produtividades de 45 sacos/ha, 55 sacos/ha e 65 sacos/ha proporcionam retorno de 6 sacos/ha, 12 sacos/ha e 18 sacos/ha, respectivamente. Uma frustração de safra, isto

é, uma queda de produtividade de 10% seria assimilável para os produtores com produtividade acima de 42 sacos/ha; uma redução de 15% seria suportável apenas para os produtores com produtividade acima de 46 sacos/ha; uma queda de 20% na produtividade seria viável apenas para produtividades maiores do que 53 sacos/ha. Fica claro que, conforme aumenta a produtividade, cresce a possibilidade de se absorver frustrações na expectativa de produtividade, bem como aumentam os retornos caso as expectativas não se frustrem.

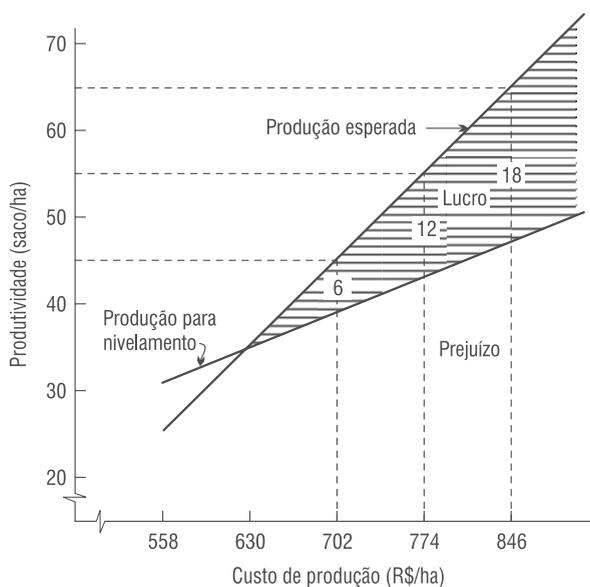


Figura 1. Retornos econômicos, expressos em sacos/ha, para diferentes níveis de produtividade de soja em solos de Cerrado.

Outra situação problemática ocorre com a queda dos preços de venda da produção. Na Figura 2, para um valor de R\$ 20,00/saco para a soja verifica-se que apenas produtividades acima de 31 sacos/ha dariam retorno econômico. Caso o preço da soja caia para R\$ 18,00/saco seriam necessárias produtividades superiores a 35 sacos/ha para viabilizar o negócio. Em outras palavras, quanto maior a produtividade maior a capacidade de absorção de situações adversas de preço em relação ao que foi projetado.

Para atingir produtividades mais elevadas, é fundamental o investimento na melhoria da fertilidade do solo e, como foi visto, dois insumos o calcário e o fosfato apresentam peso ponderado elevado no custo final de produção.

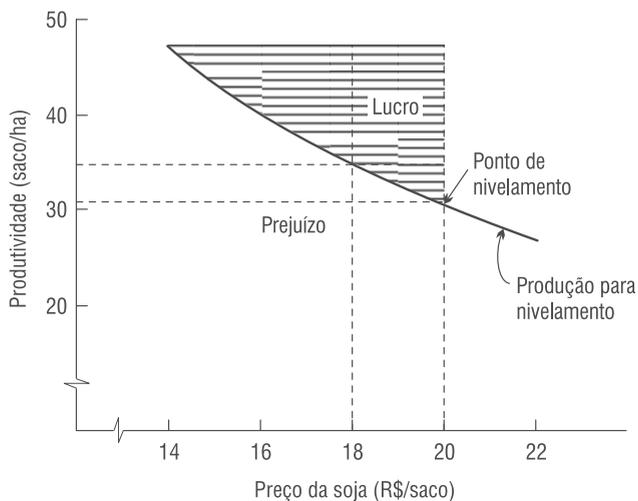


Figura 2. Pontos de nivelamento de produção de soja em solos de Cerrado para diferentes valores do produto.

Via de regra, a calagem é recomendada para o solo visando a um conjunto ou sequência de culturas e não a uma cultura isoladamente. Para as espécies mais cultivadas no Cerrado (arroz, feijão, milho e soja), uma saturação por bases entre 40% e 60% (pH entre 5,3 e 6,5) é satisfatória (Figura 3) segundo Sousa et al. (1990). Para se chegar à recomendação de calcário, vários métodos podem ser utilizados (Sousa et al. 1989). A Tabela 3 mostra que para uma saturação por bases, projetada de 50%, os três principais métodos de recomendação de calcário (com base no alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, saturação por bases e SMP) provocam uma dispersão em torno da saturação por bases de 50%, recomendada. O método que tem por base o Al, Ca e Mg trocáveis, apresenta valores extremos mais afastados (30% e 83%), mas isto ocorre somente em solos com uma capacidade de troca catiônica menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ou maior do que

12 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e que são os menos frequentes no Cerrado. Na média, os três métodos, quando bem utilizados, têm fornecido recomendações de calcário satisfatórias para a agricultura na região.

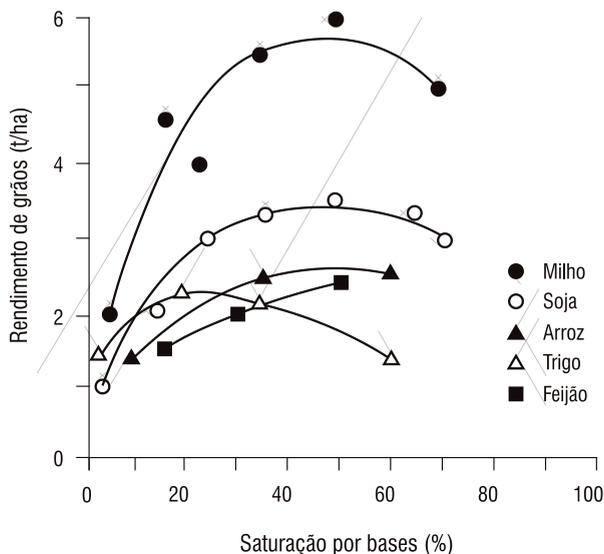


Figura 3. Produtividades de algumas culturas em função da saturação por bases em solos de Cerrados

Fonte: Sousa et al. (1990).

Tabela 3. Saturação por bases obtida de diferentes métodos de recomendação de calcário.

| Método | Saturação por bases | | |
|-------------------------------|---------------------|--------|-------|
| | Mínima | Máxima | Média |
| Alumínio, Calcário e Magnésio | 30,0 | 83,0 | 49,2 |
| Saturação por bases | 35,0 | 65,0 | 50,6 |
| SMP | 40,0 | 67,0 | 50,0 |

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1989).

Para a adubação fosfatada nos solos de Cerrado, a pesquisa já conseguiu definir os chamados níveis críticos, ou seja, os níveis de fósforo no solo acima dos quais a taxa de conversão fósforo/produto passa a apresentar valores decrescentes, com reflexos economicamente negativos na produção (Figura 4).

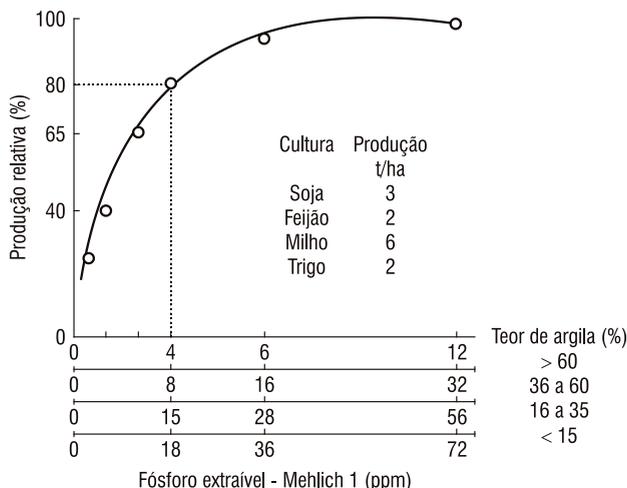


Figura 4. Níveis críticos de fósforo para algumas culturas em solos de Cerrado com diferentes teores de argila.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987).

Solos com diferentes texturas apresentam diferentes níveis críticos, a saber:

- menos de 15% de argila = 18 mg/dm³.
- de 16% a 35% de argila = 15 mg/dm³.
- de 36% a 60% de argila = 8 mg/dm³.
- mais de 60% de argila = 4 mg/dm³.

Esses valores são compatíveis com produtividades por hectare de 3 t de soja, 2 t de feijão, 6 t de milho e 2 t de trigo.

Definidos os níveis críticos, pode-se dividir o intervalo de zero até o nível crítico em classes de disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 4); as classes

são denominadas de solos com teores de fósforo muito baixo, baixo, médio, adequado e alto quando um solo, com teor de argila menor que 15%, por exemplo, apresentar teor de fósforo no solo (extrator Mehlich-1) de 0 a 6,0 mg/dm³; 6,1 mg/dm³ a 12,0 mg/dm³; 12,1 mg/dm³ a 18,0 mg/dm³; 18,1 mg/dm³ a 25,0 mg/dm³; e maior que 25,0 mg/dm³, respectivamente.

Tabela 4. Classes de disponibilidade de fósforo em solos de Cerrado.

| Teor de argila | Teor de P na análise da terra | | | | |
|----------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Adequado | Alto |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 6,0 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | > 25,0 |
| 16 a 35 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | > 20,0 |
| 36 a 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | > 12,0 |
| > 60 | 0 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |

Capítulo 6, p.154.

Em função do teor de argila e da disponibilidade de P no solo, definiram-se as necessidades de adubação fosfatada para elevar essa disponibilidade a níveis desejáveis – adubação corretiva (Tabela 5). Assim, para um solo com teor de P muito baixo, as quantidades de fósforo a serem aplicadas são de 60 kg/ha, 100 kg/ha, 200 kg/ha e 280 kg/ha de P₂O₅, dependendo do teor de argila.

Tabela 5. Quantidade de fósforo a aplicar como adubação corretiva para diferentes texturas e disponibilidades do nutriente no solo.

| Teor de argila | Teor de P na análise da terra | | |
|----------------|---|-------|-------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio |
| % | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽¹⁾ ----- | | |
| ≤ 15 | 60 | 30 | 15 |
| 16 a 35 | 100 | 50 | 25 |
| 36 a 60 | 200 | 100 | 50 |
| > 60 | 280 | 140 | 70 |

(1) Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) para termofosfatos e escórias.

Capítulo 6, p.158.

Além da possibilidade anteriormente mencionada, de se aplicar de uma só vez e a lançar as quantidades de fósforo, seguida de incorporação ao solo, existe outra, a chamada correção gradual, ou seja, a aplicação anual de quantidades de fósforo, no sulco de semeadura, superiores às usadas para adubação de manutenção, de tal forma que os resíduos dessas aplicações vão sendo acumulados, elevando, gradativamente, a disponibilidade de fósforo no solo. Na Tabela 6, apresenta-se um exemplo em que a adubação corretiva é feita em cinco anos. Para o solo com teor de argila maior que 60%, aplicar-se-ia 120 kg/ha de P_2O_5 (60 kg/ha de P_2O_5 acima da manutenção) durante cinco anos, ao término dos quais o solo estaria corrigido no mesmo nível como se tivesse recebido 300 kg/ha de P_2O_5 , a lançar, de uma só vez. O mesmo princípio é válido para os solos com outras texturas. Esse parcelamento da adubação corretiva pode ser feito em tantos anos quantos forem julgados convenientes.

Tabela 6. Quantidade de fósforo a aplicar como adubação corretiva gradual para diferentes classes texturais e disponibilidades do nutriente no solo – um exemplo de correção em cinco anos.

| Teor de argila | Teor de P na análise da terra | | |
|----------------|---|-------|-------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio |
| % | ----- kg/ha/ano (P_2O_5) ⁽¹⁾ ----- | | |
| ≤ 15 | 70 | 65 | 63 |
| 16 a 35 | 80 | 70 | 65 |
| 36 a 60 | 100 | 80 | 70 |
| > 60 | 120 | 90 | 75 |

⁽¹⁾ Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) para termofosfatos e escórias.

Capítulo 6, p. 160.

Do ponto de vista econômico, há diferenças entre essas opções, como se pode ver na Tabela 7. Uma análise dos dados acumulados em dez anos, com a cultura da soja, demonstra que uma aplicação de 50 kg/ha/ano de P_2O_5 , no sulco de semeadura (adubação apenas de manutenção) resultou para todo o período numa margem bruta negativa ou uma relação benefício/custo de 0,97;

isso significa que para cada unidade monetária despendida o retorno ao longo de dez anos foi inferior ao aplicado. Por sua vez, com uma aplicação de 100 kg/ha/ano de P_2O_5 no sulco de semeadura (adubação de manutenção e corretiva gradual) obteve-se margem bruta positiva e uma relação benefício/custo de 1,07. Finalmente, quando se fez adubação corretiva total a lanço com 200 kg/ha de P_2O_5 , seguida de adubações anuais de manutenção com 50 kg/ha de P_2O_5 no sulco, observou-se maior margem bruta, com uma relação benefício/custo de 1,14. Deve ficar entendido que essas avaliações econômicas são realizadas para determinada relação de preços da soja para o fósforo. Toda vez que essa relação de preços sofrer mudanças substanciais pode haver diferenças econômicas significativas entre as opções de correção da fertilidade dos solos do Cerrado. Na situação atual, na presença de fatores não impeditivos ao uso de capital, essa última opção demonstrou ser a melhor.

Tabela 7. Margem bruta e relação benefício/custo na cultura de soja com três opções de adubação fosfatada, no total de dez cultivos sucessivos.

| Dose de fósforo | | Margem bruta | Benefício/custo |
|-------------------------------|------------------|--------------|-----------------|
| A lanço (1° ano) | No sulco (anual) | | |
| ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | R\$/ha | |
| 0 | 50 | -165,46 | 0,97 |
| 0 | 100 | 492,85 | 1,07 |
| 200 | 50 | 820,74 | 1,14 |

Fonte: Lobato et al. (1997).

Outro aspecto importante a ser observado na tomada de decisão, a respeito das opções de correção dos solos, está relacionado ao ponto de nivelamento da empresa, ou seja, o momento em que as receitas se igualam com as despesas e passa-se a trabalhar com superavits. Na Figura 5, observa-se que, com a adubação apenas de manutenção, só se atinge esse ponto depois de 6 ou 7 anos, ao passo que, com a adubação corretiva a lanço mais manutenção, o ponto de nivelamento acontece já no terceiro ano.

A adubação corretiva gradual não aparece na figura, mas seria uma situação intermediária entre esses extremos. A taxa de retorno negativa, no quinto ano, com a adubação corretiva a lanço, teve como causa uma acentuada estiagem.

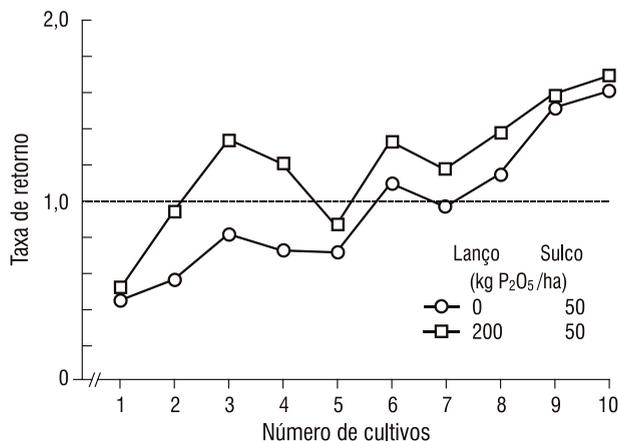


Figura 5. Ponto de nivelamento para a cultura da soja em solo de Cerrado com duas opções de adubação fosfatada.

Fonte: Lobato et al. (1997).

A adubação corretiva gradual tem sido a mais utilizada por agricultores da região do Cerrado. Isso pode estar associado à menor disponibilidade de recursos financeiros ou, possivelmente, à falta de planejamento do sistema agrícola.

A escolha de uma opção de adubação deveria estar associada ao planejamento da propriedade. É muito frequente o agricultor só planejar o que vai fazer no próximo ano agrícola, o plano anual de trabalho, sem se preocupar com os anos seguintes.

Um exemplo da importância do planejamento agrícola com a necessária visão em médio e longo prazos pode ser visto nos dados contidos na Tabela 8 (Sousa & Lobato, 1988). As recomendações observadas naquela tabela resultaram da análise econômica elaborada com dados de produção de soja obtidos em dois experimentos de longa duração em que se estudaram

os efeitos de doses e modos de aplicação de fosfato em dois solos argilosos. Os seguintes pressupostos foram considerados para essa análise: a adubação de manutenção para a cultura da soja é de 40 kg/ha de P_2O_5 ; adubações fosfatadas, variando entre 40 kg/ha e 200 kg/ha de P_2O_5 ; e custo de oportunidade de 20%, isto é, caso não se gastasse com fosfato, o melhor investimento alternativo para o produtor renderia 20%. Nessa análise, foram computados juros de investimento para o efeito residual da adubação fosfatada.

Caso a recomendação fosse feita com a visão de apenas um ano, a dose a ser aplicada seria de apenas 40 kg/ha de P_2O_5 . Com um horizonte de planejamento de três anos o melhor seria uma aplicação de 128 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano e, nos demais, apenas a adubação de manutenção de 40 kg/ha de P_2O_5 . Com a visão de um período de cinco anos o melhor seria a aplicação de 197 kg/ha de P_2O_5 no primeiro ano, seguido da aplicação de 50 kg/ha de P_2O_5 no segundo ano e de 40 kg/ha de P_2O_5 nos três anos subsequentes.

Tabela 8. Recomendação de adubação fosfatada para a cultura da soja, visando ao melhor retorno econômico em função do tempo considerado no planejamento da propriedade.

| Anos | Adubação para um horizonte de planejamento de (anos) | | | |
|----------------|--|----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 5 |
| | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | | |
| 1 ^o | 40 | 78 | 128 | 197 |
| 2 ^o | - | 40 | 40 | 51 |
| 3 ^o | - | - | 40 | 40 |
| 4 ^o | - | - | - | 40 |
| 5 ^o | - | - | - | 40 |

Fonte: Adaptado de Sousa & Lobato (1988).

Agricultura irrigada

Ao se trabalhar com sistemas de produção onde a água deixa de ser fator limitante e passa a ser um dos fatores de produção controláveis, vários

postulados, considerados básicos na agricultura de sequeiro, passam a ser de importância secundária na agricultura irrigada.

Do ponto de vista da importância econômica relativa dos diferentes itens que compõem o custo final de produção em agricultura irrigada por pivô-central, observa-se, na Tabela 2, que os insumos responsáveis por 41,7% dos custos com investimentos iniciais na agricultura de sequeiro, passam a representar apenas 9,4% dos custos totais de investimento para a agricultura irrigada. Observa-se ainda, na mesma tabela, que o peso relativo de cada item do investimento, necessário para preparar a área para produção, altera-se bastante, quando se investe em um sistema de irrigação por pivô-central, em relação à agricultura de sequeiro. Assim, os custos relativos a serviços que representam 44,0% dos investimentos totais na agricultura de sequeiro passam a representar 9,9% na agricultura irrigada. As máquinas e benfeitorias passam de 14,3% para apenas 3,2%. Nesse caso, com o uso de um pivô-central, o item de maior peso relativo é aquele referente ao equipamento de irrigação que representa cerca de 77,5% dos investimentos necessários para transformar um hectare de Cerrado natural em um hectare de terra apta a produzir com irrigação.

Se na agricultura de sequeiro é importante a compatibilização dos investimentos em calcário e fertilizantes com os demais itens de custos operacionais, na agricultura irrigada é simplesmente inadmissível que fertilidade do solo represente qualquer restrição à obtenção de níveis mais elevados de produtividade.

No sistema irrigado, as adubações de manutenção das culturas devem ser mais elevadas do que no sistema de sequeiro, uma vez que, com maiores produtividades, a absorção de nutrientes pelas plantas e sua exportação pelos grãos são maiores. Na Tabela 9, pode ser observado que tanto o arroz quanto o trigo irrigados extraíram e exportaram maiores quantidades de macronutrientes, elementos secundários e micronutrientes do que as mesmas culturas quando em sistemas de produção de sequeiro onde apresentaram produtividades menores.

Tabela 9. Consumo e exportação de nutrientes pelas culturas do arroz e do trigo cultivados sem irrigação e com irrigação.

| Nutriente | Arroz ⁽¹⁾ | | | | Trigo ⁽²⁾ | | | |
|-----------------------|----------------------|-----------|----------|-----------|----------------------|-----------|----------|-----------|
| | Sequeiro | | Irrigado | | Sequeiro | | Irrigado | |
| | Consumo | Exportado | Consumo | Exportado | Consumo | Exportado | Consumo | Exportado |
| | ----- kg/ha ----- | | | | | | | |
| N | 76 | 47 | 103 | 67 | 47 | 31 | 123 | 80 |
| P | 16 | 11 | 28 | 22 | 3 | 2 | 10 | 8 |
| K | 105 | 15 | 237 | 33 | 30 | 4 | 95 | 12 |
| Ca | 17 | 2 | 28 | 3 | 4 | 3 | 12 | 1 |
| Mg | 15 | 5 | 20 | 10 | 4 | 1 | 10 | 4 |
| S | 15 | 6 | 19 | 15 | 8 | 2 | 23 | 8 |
| | ----- g/ha ----- | | | | | | | |
| Cu | 25 | 15 | 54 | 32 | 11 | 6 | 30 | 14 |
| Fe | 1122 | 168 | 1454 | 334 | 662 | 25 | 2841 | 109 |
| Mn | 552 | 110 | 886 | 190 | 188 | 23 | 451 | 67 |
| Zn | 277 | 94 | 468 | 164 | 35 | 26 | 141 | 92 |
| Rendimento (kg/ha) | 1642 | | 5283 | | 1770 | | 2590 | |

Fonte: ⁽¹⁾ Giudice et al. (1983). Média de 2 cultivares.

⁽²⁾ Fontoura (1986). Média de 2 cultivares.

Dado o custo elevado do sistema irrigado, o controle do suprimento de água exige produtividades mais elevadas do que no sistema de sequeiro. Com isso, tem-se de trabalhar numa região da superfície de resposta da cultura ao fertilizante com menores incrementos por unidade de fertilizante aplicada. Nessa circunstância, na agricultura irrigada, a eficiência na utilização dos nutrientes é menor do que na agricultura de sequeiro. Em outras palavras, há menor quantidade de grãos produzidos por unidade de nutriente absorvida – menores taxas de conversão nutrientes/grãos. Esse fato pode ser claramente observado na Tabela 10 na qual apresentam-se os resultados obtidos para duas cultivares de trigo cultivadas sem irrigação e com irrigação. Para cada nutriente estudado, os valores apresentados na coluna irrigado são menores do que os constantes na coluna sequeiro. Por exemplo, no caso da cultivar de trigo BH-1146, com irrigação, foram obtidos 19 kg de grãos para cada quilograma de nitrogênio absorvido pela planta ao passo que, sem irrigação

(trigo de sequeiro), foram obtidos 37 kg de grãos por quilograma de nitrogênio absorvido. Com as cultivares desenvolvidas para sistemas irrigados pode-se aumentar essa eficiência. Por exemplo, com a cultivar de trigo BR 33 (Guará), obteve-se rendimento de 6,0 t/ha, aplicando-se 100 kg/ha de N.

Tabela 10. Eficiência na utilização de nutrientes na produção de grãos de duas cultivares de trigo cultivadas sem irrigação e com irrigação.

| Nutriente | Cultivar | | | |
|------------|----------------------------------|---------|------------------|---------|
| | BH 1146 | | IAC 24 - Tucuruí | |
| | Sequeiro | Irigado | Sequeiro | Irigado |
| | ----- kg grão/kg nutriente ----- | | | |
| Nitrogênio | 37 | 19 | 37 | 22 |
| Fósforo | 569 | 268 | 638 | 236 |
| Potássio | 53 | 27 | 67 | 26 |
| Cálcio | 398 | 207 | 424 | 218 |
| Magnésio | 392 | 279 | 494 | 222 |
| Enxofre | 177 | 112 | 259 | 107 |
| | ----- kg grão/g nutriente ----- | | | |
| Boro | 55 | 25 | 47 | 39 |
| Cobre | 192 | 81 | 140 | 83 |
| Ferro | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Manganês | 9 | 6 | 10 | 5 |
| Zinco | 43 | 18 | 61 | 17 |

Fonte: Fontoura (1986).

A taxa interna de retorno (TIR) de cinco sucessões de culturas, analisadas por Lobato et al. (1997), aumentou à medida que se intensificou a utilização do sistema, com dois cultivos por ano (soja/trigo, milho/feijão e milho/ervilha), com cinco cultivos em dois anos e três cultivos por ano (milho/feijão/trigo). O ponto de nivelamento da produção foi alcançado com 4,5 a 5 anos com dois cultivos anuais, reduzindo para 4 e 3,5 anos para os sistemas mais intensivos de uso da área.

A sensibilidade da taxa interna de retorno a variações nas receitas, obtidas nos investimentos iniciais e nos custos operacionais, no caso da sequência milho/feijão também foi relatada por Lobato et al.(1997). Uma redução de 10% nas receitas resultou em decréscimo de 63% na taxa interna de retorno de 7,4% para 2,7%. Com redução de 20% nas receitas, a TIR caiu 153% passando ao valor de 4% negativo. Em situação inversa de aumento de receitas, observaram que um acréscimo de 10% resultou em aumento de 53% na TIR, de 7,4% para 11,4%, passando para 15% quando as receitas aumentaram em 20%. Sem dúvida, o volume da receita é de suma importância na obtenção de resultados econômicos satisfatórios.

A sensibilidade da taxa interna de retorno a variações no nível dos gastos com investimentos iniciais mostrou que para uma redução de 10%, por exemplo, correspondeu aumento de 19,5% na TIR, variação bem menor do que a observada com as receitas (Lobato et al., 1997). Situação intermediária, em termos de sensibilidade, é apresentada pelos custos operacionais. Por exemplo, aumentar os custos operacionais em 10% significa diminuir a TIR em 42%, passando de 7,4% para 4,3%. Por sua vez, ao se reduzir os custos operacionais em 10% a TIR aumentou em 37%, ou seja, de 7,4% para 10,2%.

Otimização do uso do capital

Pela análise realizada, pode-se concluir que o sucesso da agricultura no Cerrado está intimamente relacionado ao uso de capital, especialmente, com os chamados insumos modernos. Para poupar o escasso fator capital propõe-se não a sua substituição por terra e trabalho, mas a racionalização do seu uso com o manejo mais intenso do sistema em áreas menores.

Na Tabela 11, é apresentado um pequeno detalhe de uma das equações biológicas anteriormente referidas no sistema de equações. É a maneira como a cultura da soja responde a um estímulo chamado adubação fosfatada. Para uma adubação com 40 kg/ha de P_2O_5 pode-se colher 0,9 t/ha de grãos; com 60 kg/ha de P_2O_5 , tem-se 1,3 t/ha; com 80 kg/ha e 120 kg/ha de P_2O_5 , as colheitas poderão ser de 1,6 t/ha e 2,2 t/ha de soja, respectivamente, em um solo com

disponibilidade muito baixa de fósforo. A mesma tabela contempla ainda outro detalhe das equações econômicas incluídas no nosso sistema de equações.

Tabela 11. Produção potencial de quatro lavouras de soja, estabelecidas em solo de alta resposta à adubação fosfatada, utilizando a mesma quantidade total de fertilizante fosfatado.

| Área | Adubação fosfatada | Produtividade potencial ⁽¹⁾ | Produção total | Custos | | | Produção líquida ⁽³⁾ | Relação B/C ⁽⁴⁾ |
|------|-------------------------------------|--|----------------|------------------------|---------|-------|---------------------------------|----------------------------|
| | | | | Fixos ⁽²⁾ | Fosfato | Total | | |
| ha | kg/ha P ₂ O ₅ | t/ha | | ----- t de grãos ----- | | | | |
| 300 | 40 | 0,9 | 270 | 210 | 48 | 258 | 12 | 1,04 |
| 200 | 60 | 1,3 | 260 | 140 | 48 | 188 | 72 | 1,38 |
| 150 | 80 | 1,6 | 240 | 105 | 48 | 153 | 87 | 1,57 |
| 100 | 120 | 2,2 | 220 | 70 | 48 | 118 | 102 | 1,87 |

Fonte: Goedert et al. (1986).

⁽¹⁾ Calculada com base nas curvas de respostas potenciais.

⁽²⁾ Baseados em custos fixos (custo total menos o custo do fosfato) de 700 kg de grãos por hectare e na condição de que sejam necessários 4 kg de soja para pagar 1 kg de P₂O₅.

⁽³⁾ Diferença entre a produção total e o custo total expressa em toneladas de grãos.

⁽⁴⁾ Relação entre a produção total e o custo total expressa em toneladas de grãos.

Ao todo, são apresentadas quatro possibilidades de se utilizar a mesma quantidade de fosfato (12 t de P₂O₅). Na mesma análise econômica efetuada, optou-se por representar todos os custos de produção e as receitas em termos de toneladas de grãos de soja (uma forma de estabilizar o valor da “moeda soja”).

Como exemplo do modelo proposto, considerando-se uma lavoura de 300 ha, com a aplicação de 40 kg/ha de P₂O₅, pode-se obter uma colheita de 270,0 t de grãos, com uma produtividade de 0,9 t/ha. O custo fixo dessa lavoura será de 210 t (300 ha plantados x 0,7 t/ha). O custo do fosfato aplicado equivale a 48,0 t de grãos (40 kg/ha de P₂O₅ x 300 ha = 12 t P₂O₅; 12 t P₂O₅ x 4 kg soja/kg P₂O₅ = 48,0 t). Assim, o custo total da lavoura será de 258,0 t (210 t equivalente aos custos fixos, mais 48,0 t equivalente aos custos variáveis do uso do fosfato). Com uma produção total de 270,0 t, a margem

líquida (a quantidade de soja disponível para venda após o pagamento dos custos) será equivalente a 12,0 t de grãos.

O modelo do uso intensivo da terra pressupõe produtividades elevadas. Nesse mesmo exemplo, para uma situação em que a lavoura é de 200 ha, com a aplicação de 60 kg/ha de P_2O_5 , a quantidade total de fosfato aplicada é a mesma anterior (12,0 t P_2O_5), a produtividade é de 1,3 t/ha e a quantidade total produzida é de 260,0 t de grãos. O custo total é equivalente a 188,0 t de grãos e o retorno obtido é de 72,0 t.

Uma terceira situação, para uma lavoura de 150 ha, a aplicação de 80 kg/ha de P_2O_5 resulta numa produção esperada de 240,0 t, com produtividade de 1,6 t/ha e com custo de 153,0 t. Nesse caso, o retorno equivale a 87,0 t de soja.

Finalmente, para uma lavoura de 100 ha, com a aplicação 120 kg/ha de P_2O_5 a expectativa de colheita é de 220,0 t, com um custo de 118,0 t e retorno de 102,0 t.

Não é necessário grande conhecimento de economia para concluir que entre fazer uma lavoura de 300 ha e uma de 100 ha, aplicando a mesma quantidade total de fosfato, é mais interessante reduzir a área para 100 ha uma vez que a equação biológica e a equação econômica indicam que a cultura da soja reage de maneira conveniente a aplicações crescentes de fosfato dentro dos limites considerados. Com tal procedimento, reduz-se a colheita total em 19,0% (de 270,0 t para 220,0 t) diminuem-se a área e os custos fixos de produção em 66,6% e, como consequência, aumenta-se o retorno à atividade produtiva em 750,0% (de 12 t para 102,0 t de grãos).

Os valores usados acima, especialmente os referentes à economia, válidos para a década de 1970 e início da de 1980, didáticos para a mensagem que se quer transmitir, se atualizados, com os custos fixos bem mais elevados, deverão levar à conclusão de que não são viáveis as opções apresentadas na Tabela 11, a não ser a de menor área (100 ha). Na Segunda metade da década de 1970, em Mato Grosso, por exemplo, era possível ter retorno de 20% com a produtividade de 1,5 t/ha de soja. Na mesma região, no final da década de 1980

e início dos anos 1990, para pagar os custos de produção era necessário produtividade duas vezes maior.

Consideração final

Tão importante quanto a equação econômica é a equação ambiental no sistema de equações da produção agrícola já mencionada. A redução da área, até determinado limite, poderá resultar em maiores cuidados no seu uso e manejo, na sua conservação e na preservação de maior superfície com a cobertura vegetal natural, sem redução de produção e a um custo menor da unidade de produto obtido. A preservação por tempo mais prolongado de parcela considerável do ambiente natural pode proporcionar à pesquisa a oportunidade para se conhecer melhor o patrimônio genético da flora e da fauna regionais, tão importantes pela sua diversidade e para o estabelecimento do equilíbrio e da sustentabilidade dos sistemas de produção estabelecidos ou a se estabelecer.

Referências

FONTOURA, J. U. G. **Matéria seca, absorção e exportação pelos grãos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, e Zn pelo trigo, sob regime de sequeiro e irrigado em Latossolo Roxo.** 1986. 125 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GIUDICE, R. M. del; HAAG, H. P.; THIÉBAUT, J. T. L.; DECHEN, A. R. **Absorção cumulativa de nutrientes minerais em duas variedades de arroz (*Oryza sativa* L), cultivadas em três diferentes níveis de disponibilidade de água.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 115 p.

GOEDERT, W. J.; SCOLARI, D. D. G.; LOBATO, E. Estratégia de uso e manejo do solo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel ; Planaltina: Embrapa-CPAC, 1986. p. 409-422.

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; SCOLARI, D. D. G. Manejo da fertilidade do solo dos cerrados visando a máxima eficiência produtiva. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 7., 1989, Brasília. **Estratégias de utilização:** anais. 2. ed. rev. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 35-56.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados**. Planaltina: Embrapa -CPAC, 1987. 7 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6.,1982, Brasília. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. p. 33-60.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E.; CASTRO, L. H. R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 193-198, 1989.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1990. 14 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 27).

Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes

Djalma M. Gomes de Sousa

Edson Lobato

Introdução

Nos capítulos anteriores, foram apresentados e discutidos os diferentes componentes químicos do solo indicadores de fertilidade adequada do solo, sendo propostas formas para solucionar problemas identificados, dependendo do sistema de produção a ser utilizado na propriedade.

Neste capítulo, são apresentadas recomendações para adubação de manutenção com nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre para algumas culturas anuais e semiperenes, com base nos teores de nutrientes no solo e nas expectativas de rendimento. Considera-se o pressuposto de que os teores de P e K no solo sejam pelo menos adequados e, caso isso não ocorra, as recomendações para se atingir essa condição podem ser encontradas nos capítulos específicos sobre esses nutrientes.

Algodão

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50%. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 15 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 4 | 25 | 80 | 40 | 60 | 30 |
| 5 | 25 | 100 | 50 | 80 | 40 |
| 6 | 25 | 120 | 60 | 100 | 50 |

Caso a expectativa de rendimento de algodão em caroço seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K_2O superiores a 60 kg/ha, aplicar a metade na semeadura e o restante em cobertura (30 dias após a germinação) ou o total a lançar em pré-semeadura, principalmente, em solos com CTC menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de produção | N |
|-------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | 40 |
| 4 | 70 |
| 5 | 100 |
| 6 | 130 |

Aplicar 30 dias após a emergência, depois do desbaste. Para doses de N superiores a 40 kg/ha, parcelar em duas vezes (30 e 50 dias após a emergência), especialmente nos solos com teor de argila menor que 15%.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o algodão for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o algodão for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

No cálculo da adubação nitrogenada foi computado o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência do fertilizante a aplicar foi considerada de 75%.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 30 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Amendoim

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Inoculação

Dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4).

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|---|------|---|------|
| | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 2 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 3 | 80 | 40 | 60 | 30 |
| 4 | 100 | 50 | 80 | 40 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de amendoim seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K_2O superiores a 60 kg/ha, aplicar a 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 menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Arroz

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 10 | 40 | 20 | 40 | 20 |
| 4 | 20 | 60 | 30 | 50 | 30 |
| 5 | 20 | 70 | 35 | 60 | 40 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de arroz seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | 10 |
| 4 | 20 |
| 5 | 50 |

Aplicar 50% da dose na fase de perfilhamento (cerca de 30 dias após a semeadura) e 50% no primórdio floral.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o arroz for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o arroz for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção.

No cálculo da adubação nitrogenada, computou-se o suprimento de 50 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência considerada do fertilizante a aplicar foi de 75%.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes

acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Aveia

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 2 | 30 | 60 | 30 | 30 | 15 |
| 3 | 30 | 70 | 35 | 40 | 20 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de aveia seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função da expectativa de rendimento da cultura são indicadas na tabela a seguir.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 2 | 20 |
| 3 | 30 |

Aplicar no início do estágio de perfilhamento.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando a aveia for cultivada em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando a aveia for cultivada em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Cana-de-açúcar

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50%. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre 0,5 cmol_c/dm³ e 1,0 cmol_c/dm³, pelo menos.

Adubação de plantio

Aplicar, no sulco de plantio, as dosagens de N, P₂O₅ e K₂O, indicadas na tabela a seguir, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|--|------|---------------------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| < 100 | 30 | 80 | 40 | 60 | 30 |
| 100 a 120 | 30 | 100 | 50 | 80 | 40 |
| > 120 | 30 | 140 | 70 | 120 | 60 |

Deduzir a quantidade de K₂O adicionada pela vinhaça, na adubação mineral de K no plantio.

Parcelar a aplicação de potássio em duas vezes em solos com CTC menor que 4 cmol_c/dm³, sendo uma no plantio e outra após 60 dias.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 30 kg/ha de S.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Adubação de cobertura

Se necessária, aplicar de 20 kg/ha a 60 kg/ha de N, 60 dias após o plantio.

Adubação de cana-soca

Aplicar, no sulco, ao lado da linha de plantio da cana as dosagens de N, P₂O₅ e K₂O, indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|--|------|---------------------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| < 50 | 30 | 40 | 20 | 40 | 20 |
| 50 a 80 | 40 | 40 | 20 | 80 | 40 |
| > 80 | 60 | 40 | 20 | 120 | 60 |

Caso não tenha sido feita gessagem na área e o solo seja deficiente em enxofre, aplicar 30 kg/ha de S.

Cevada

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adução de sementeira

Aplicar, no sulco de sementeira, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|------------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 20 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 4 | 20 | 70 | 35 | 60 | 30 |
| 5 | 20 | 80 | 40 | 70 | 35 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de cevada seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adução corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K_2O superiores a 60 kg/ha, aplicar a metade na sementeira e o restante em cobertura (30 dias após a germinação) ou o total a lanço em pré-sementeira, principalmente, em solos com CTC menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | - |
| 4 | 20 |
| 5 | 40 |

Aplicar no início do estágio de perfilhamento.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 50% quando a cevada for cultivada em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando a cevada for cultivada em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção, plantio contínuo de gramíneas, primeiros anos de plantio direto.

Em cultivares que apresentam baixa resistência do colmo (palha fraca) a dosagem total de N não deve ultrapassar 40 kg/ha.

No cálculo da adubação nitrogenada, computou-se o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência do fertilizante a aplicar foi considerada de 75%.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Ervilha

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Inoculação

Dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4).

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco, de semeadura as dosagens de P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|---|------|---|------|
| | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 2 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 3 | 80 | 40 | 60 | 30 |
| 4 | 100 | 50 | 80 | 40 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de ervilha seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K_2O superiores a 60 kg/ha, aplicar a 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 menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Feijão

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Inoculação

Apesar de a resposta nem sempre ser satisfatória, a inoculação é recomendada. Para isso, dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4).

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|-------------------------------|------|-----------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 20 | 60 | 30 | 60 | 40 |
| 4 | 20 | 80 | 40 | 80 | 50 |
| 5 | 20 | 120 | 60 | 100 | 70 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de feijão seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses superiores a 60 kg/ha de K_2O , aplicar a metade na semeadura e o restante, em cobertura (30 dias após a germinação) ou o total a lançar em pré-semeadura, principalmente em solos com CTC menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função da expectativa de rendimento da cultura são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | 40 |
| 4 | 60 |
| 5 | 80 |

Em solos com teor de argila menor que 15% o N pode ser parcelado em duas vezes (50% aos 10 dias após emergência e 50% no início dos botões florais). Naqueles com teor de argila maior que 15% fazer a cobertura no início dos botões florais, cerca de 30 dias após emergência.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o feijão for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo, áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o feijão for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento para a quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Girassol

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela a seguir, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|--|------|---------------------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| 2 | 10 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 3 | 10 | 70 | 35 | 60 | 30 |
| 4 | 10 | 80 | 40 | 80 | 40 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de girassol seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K₂O superiores a 60 kg/ha, aplicar a 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 menor que 4 cmol_c/dm³.

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 2 | 40 |
| 3 | 60 |
| 4 | 80 |

Aplicar 30 dias após a emergência.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o girassol for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o girassol for cultivado

em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Grão-de-bico

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre 0,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e 1,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Inoculação

Dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes, na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4).

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela a seguir, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|--|------|---------------------------------------|------|
| | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| 1,5 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 2,0 | 80 | 40 | 60 | 30 |
| 2,5 | 100 | 50 | 80 | 40 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de grão-de-bico seja inferior a 1,5 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses de K₂O superiores a 60 kg/ha, aplicar a 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 menor que 4 cmol_c/dm³.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Leguminosas adubos verdes

Crotalária, ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lab-lab, mucuna, tremoço, feijão-bravo-do-ceará, kudzu tropical, calopogônio, *tephrosia candida*.

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre 0,5 cmol_c/dm³ e 1,0 cmol_c/dm³, pelo menos.

Inoculação

Dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4).

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de P₂O₅ e K₂O, indicadas na tabela abaixo, em função da análise do solo.

| P extraível | | | K extraível | | |
|--|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|
| Muito baixo | Baixo | Médio | Muito baixo | Baixo | Médio |
| ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | | |
| 60 | 40 | 20 | 60 | 40 | 20 |

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Em solos já corrigidos ou com adubação adequada da cultura anterior não é necessária a adubação mineral.

Mamona

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 2 | 10 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 3 | 10 | 80 | 40 | 60 | 30 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos da mamona seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 2 | 40 |
| 3 | 60 |

Aplicar 40 dias após a emergência.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando a mamona for cultivada em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando a mamona for cultivada em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Mandioca

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 30%. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre 0,5 cmol_c/dm³ e 1,0 cmol_c/dm³, pelo menos.

Adubação de plantio

Aplicar no sulco de plantio as dosagens de P₂O₅ e K₂O indicadas na tabela abaixo, de acordo com a expectativa de rendimento.

| Expectativa de rendimento | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|--|------|---------------------------------------|------|
| | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| 20 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 30 | 80 | 40 | 60 | 30 |

Caso a expectativa de rendimento de raízes seja inferior a 20 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N e K_2O a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N | K extraível | |
|---------------------------|-------|-----------------------------|------|
| | | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 20 | 50 | 40 | 20 |
| 30 | 80 | 60 | 30 |

Em solos com teor de argila menor que 15%, o N e o K podem ser parcelados em duas vezes (50% aos 30 dias após a brotação e 50% aos 60 dias), e maior que 15%, fazer a cobertura 30 dias após a brotação.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 50% quando a mandioca for cultivada em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com leguminosas no último ou mais anos, áreas em pousio por mais de dois anos, áreas em que se aplicaram grandes quantidades de adubos orgânicos.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Milheto

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 2 | 20 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 3 | 20 | 80 | 40 | 60 | 30 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de milho seja inferior a 2 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 2 | 40 |
| 3 | 60 |

Em solos com teor de argila maior que 15%, aplicar o N quando a planta estiver com 6 folhas, e menor que 15%, parcelar em duas vezes, sendo 50% com 6 folhas e 50% com 10 folhas.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o milho for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o milho for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Milho

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela a seguir, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|--|------|---------------------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ ----- | | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| 6 | 20 | 60 | 30 | 60 | 30 |
| 8 | 30 | 80 | 40 | 60 | 40 |
| 10 | 30 | 100 | 50 | 60 | 50 |
| 12 | 30 | 120 | 60 | 60 | 60 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de milho seja inferior a 6 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N e K a aplicar, em cobertura, em função da expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N | K ₂ O |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| t/ha | ----- kg/ha ----- | |
| 6 | 40 | 0 |
| 8 | 70 | 30 |
| 10 | 130 | 60 |
| 12 | 180 | 90 |

Em solos cujo teor de argila é maior que 15% e a dose de N inferior a 100 kg/ha, aplicar quando a planta estiver com 7 a 8 folhas; para doses superiores a essa, parcelar em duas vezes, sendo 50% com 4 a 6 folhas e 50% com 8 a 10 folhas. Há indicativos da possibilidade de aplicar doses de N inferiores a 100 kg/ha em uma vez, quando a planta estiver com 4 a 6 folhas, para o sistema de plantio direto. Em solos cujo teor de argila é menor que 15% e dose de N inferior a 100 kg/ha, parcelar em duas vezes, sendo 50% com 4 a 6 folhas e 50% com 8 a 10 folhas; para doses superiores a 100 kg/ha parcelar em três vezes, sendo 40% com 4 a 6 folhas, 40% com 8 a 10 folhas e 20% com 10 a 12 folhas. Em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado via água de irrigação em até 4 aplicações, até o florescimento (16 folhas).

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em até 40% para produtividade até 8 t/ha e em 20% para produtividade acima de 8 t/ha, quando o milho for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o milho for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

No cálculo da adubação nitrogenada, foi computado o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência do fertilizante a aplicar foi considerada de 75%.

A adubação de cobertura com potássio só deve ser feita quando o teor de K extraível for considerado adequado. Aplicar juntamente com a primeira cobertura de N.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S, para produtividade até 8 t/ha e 30 kg/ha de S para produtividade entre 8 t/ha e 12 t/ha, a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Soja

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Inoculação

Dissolver 100 g de açúcar (cinco colheres de sopa) em 1 L de água. O açúcar pode ser substituído por goma arábica 20% ou uma celulose substituída. Adicionar a solução açucarada às sementes na proporção de 300 mL a 400 mL por 50 kg de sementes. Misturar bem, adicionando 500 g a 600 g de inoculante turfoso por 50 kg de sementes (Capítulo 4). O uso de inoculantes não turfosos está condicionado à comprovação de sua eficiência agrônômica por instituições de pesquisa credenciadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------------------------------|------|-----------------------------|------|
| | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 60 | 30 | 60 | 40 |
| 4 | 80 | 40 | 80 | 50 |
| 5 | 100 | 50 | 100 | 70 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de soja seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Nas doses superiores a 60 kg/ha de K_2O , aplicar a 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 menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S para produtividade até 3 t/ha e 30 kg/ha de S para produtividade entre 3 t/ha e 5 t/ha, a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Sorgo

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 4 | 20 | 60 | 30 | 40 | 20 |
| 5 | 20 | 70 | 35 | 50 | 25 |
| 6 | 20 | 80 | 40 | 60 | 30 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de sorgo seja inferior a 4 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 4 | 30 |
| 5 | 70 |
| 6 | 110 |

Em solos com teor de argila maior que 15%, aplicar quando a planta estiver com 4 a 6 folhas e menor que 15% parcelar em duas vezes, sendo 50% com 4 a 6 folhas e 50% com 8 a 10 folhas.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o sorgo for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o sorgo for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

No cálculo da adubação nitrogenada foi computado o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência do fertilizante a aplicar foi considerada de 75%.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Trigo

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo, em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|---|------|---|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 20 | 60 | 30 | 30 | 15 |
| 4 | 20 | 70 | 35 | 40 | 20 |
| 5 | 20 | 80 | 40 | 50 | 25 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de trigo seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função da expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | 10 |
| 4 | 40 |
| 5 | 70 |

Aplicar no início do estágio de perfilhamento (cerca de 14 dias após a emergência do trigo).

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o trigo for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o trigo for cultivado em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Em cultivares que apresentam baixa resistência do colmo (palha fraca) a dosagem total de N não deve ultrapassar 60 kg/ha.

No cálculo da adubação nitrogenada, foi computado o suprimento de 80 kg/ha de N pelo solo, e a eficiência considerada do fertilizante a aplicar foi de 75%.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Triticale

Calagem

Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50% em sistemas de sequeiro e 60% para sistemas irrigados. Utilizar calcário que complemente o teor de Mg no solo para valores entre 0,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e 1,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ pelo menos.

Adubação de semeadura

Aplicar, no sulco de semeadura, as dosagens de N, P_2O_5 e K_2O , indicadas na tabela abaixo em função da expectativa de rendimento e da interpretação da análise do solo.

| Expectativa de rendimento | N | P extraível | | K extraível | |
|---------------------------|-------|-------------------------------|------|-----------------------------|------|
| | | Adequado | Alto | Adequado | Alto |
| t/ha | kg/ha | ----- kg/ha de P_2O_5 ----- | | ----- kg/ha de K_2O ----- | |
| 3 | 20 | 60 | 30 | 30 | 20 |
| 4 | 20 | 70 | 35 | 40 | 25 |
| 5 | 20 | 80 | 40 | 45 | 30 |

Caso a expectativa de rendimento de grãos de triticales seja inferior a 3 t/ha, utilizar as doses de fósforo e potássio recomendadas para a adubação corretiva ou corretiva gradual (Capítulos 6 e 7).

Adubação de cobertura

As doses de N a aplicar, em cobertura, em função de expectativa de rendimento da cultura, são indicadas na tabela abaixo.

| Expectativa de rendimento | N |
|---------------------------|-------|
| t/ha | kg/ha |
| 3 | 40 |
| 4 | 50 |
| 5 | 60 |

Aplicar no início do estágio de perfilhamento.

As quantidades de N recomendadas podem ser reduzidas em 40% quando o triticales for cultivado em área com baixo potencial de resposta a N, como por exemplo áreas cultivadas com soja nos últimos três ou mais anos. As dosagens devem ser aumentadas em 20% quando o triticales for cultivado

em áreas com alto potencial de resposta a N, como Cerrado recém-incorporado ao sistema de produção ou primeiros anos de plantio direto.

Em cultivares que apresentam baixa resistência do colmo (palha fraca) a dosagem total de N não deve ultrapassar 60 kg/ha.

Caso não tenha sido feita gessagem na área (Capítulo 3) e o solo seja deficiente em enxofre (Capítulo 9), aplicar 20 kg/ha de S a cada cultivo.

Recomenda-se proceder à adubação corretiva com micronutrientes (Capítulo 8). Há possibilidade de utilizá-los nas formulações, nas sementes ou nas folhas e, nesses casos, ficar atento à quantidade de micronutrientes acumulada no solo para evitar a toxidez. A análise foliar é uma das melhores formas para acompanhar a necessidade desses elementos (Capítulo 10).

Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes

Leide Rovênia Miranda de Andrade

Introdução

A abertura do Cerrado para a exploração agrícola é uma atividade relativamente recente (pouco mais de 20 anos) e foi baseada, principalmente, no cultivo de espécies anuais produtoras de grãos. Atualmente, o cultivo de espécies frutíferas, estimulantes (café), florestais e industriais (seringueira), apresenta-se como opção economicamente viável, não só para o abastecimento interno, mas também para atender ao mercado internacional. O clima, a topografia, as propriedades físicas do solo são fatores que também contribuem para estimular o cultivo dessas espécies na região.

Dentro dos aspectos técnicos de produção, o que se verifica no Cerrado são dados incipientes de pesquisa em adubação e nutrição de espécies perenes e semiperenes. Na ausência de recomendações de adubação específicas para algumas espécies que só recentemente estão sendo cultivadas na região, técnicos e agricultores vêm utilizando recomendações de corretivos e fertilizantes de outros estados. Devido a essas adaptações, podem surgir problemas de super ou subutilização desses insumos, resultando em produtividade e qualidade dos produtos abaixo do esperado. Como trabalhos completos de nutrição de espécies perenes e semiperenes demandam longo tempo e, dada a premência dessas culturas na região, foi feito um levantamento das informações técnicas disponíveis sobre as principais culturas. O objetivo foi ajustar as recomendações de fertilizantes e corretivos utilizadas em outros estados para as condições de solo e clima do

Cerrado. Para culturas com essas informações escassas ou inexistentes, utilizaram-se, como critério para sua recomendação, estimativas baseadas nas características agrônômicas da espécie e relatos de experiência de cultivos descritos em literatura.

Adubação de substrato

Os solos do Cerrado são, em geral, ácidos e pobres em nutrientes. Para produzir mudas saudáveis, bem nutridas, a terra utilizada no preparo do substrato deve ser adubada adequadamente. Recomenda-se, para tanto, o uso de terra das camadas inferiores do solo, com a eliminação dos primeiros 20 cm, para evitar a infestação de plantas daninhas, pragas e patógenos. A textura desse solo deve ser média. Caso seja muito argiloso, a textura sugerida pode ser obtida da mistura de areia lavada na proporção de 2:1 ou 1:1.

Na Tabela 1 são sugeridas as quantidades de calcário e fertilizante para a correção e adubação.

Tabela 1. Sugestão de correção e adubação de substrato e de cobertura para mudas de plantas perenes e semiperenes.

| Fertilizantes e corretivo | Adubação do substrato (para 1 m ³ solo) ⁽¹⁾ | Adubação de cobertura ⁽²⁾ |
|--|--|---|
| Adubo orgânico | | |
| Esterco de curral bem curtido ou Esterco de aves | 100 litros ou 25 litros | - |
| Calcário dolomítico (100% PRNT) | 1000 g | - |
| Adubo Mineral | | |
| Nitrogênio (N) | - | 10 g |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 700 g | - |
| Potássio (K ₂ O) | - | 6 g |
| Micronutrientes | 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 | - |

⁽¹⁾ Suficiente para o enchimento de 200 sacos de 5 L.

⁽²⁾ Diluir em 10 L de água e regar em 1 m² de canteiro (cerca de 50 sacos de 5 L).

Como a quantidade de calcário e dos fertilizantes é muito pequena em relação ao volume de solo, recomenda-se que sejam misturados, primeiramente, em cerca de 5 kg de solo e depois ao restante. A adição dos adubos à mistura de solo e a matéria orgânica deverá ser feita com antecedência de 20 a 30 dias da semeadura, mantendo umidade suficiente para que o calcário reaja.

Durante o desenvolvimento das mudas em sacos plásticos, a adubação em cobertura com N, deverá ser repetida a cada 30 dias e com K a cada 50 dias ou baseadas no crescimento ou na mudança de coloração das plantas, alternando as aplicações, isto é, em uma aplicar N e K_2O e, na seguinte, apenas N.

Preparo da área e manejo da adubação

O manejo da adubação deve ser bastante criterioso, levando-se em consideração a quantidade e a fonte de nutrientes, época e forma de aplicação. Com base nos resultados de análise de solo e nas tabelas de recomendação, os adubos e corretivos necessários à correção da fertilidade da área, em geral, devem ser aplicados com antecedência ao plantio. A distribuição de corretivos e de fertilizantes deve ser bem homogênea, com incorporação o mais profunda possível.

A correção inicial da fertilidade do solo envolve custos elevados, entretanto, existem alternativas mais econômicas como a correção somente da faixa de plantio. O custo de correção total da área poderá ser compensado se entre as linhas forem cultivadas outras espécies de ciclo curto que possam trazer retorno econômico em curto prazo, sem causar danos à cultura principal.

Os fertilizantes deverão ser aplicados observando o ciclo da cultura e a época em que os nutrientes são mais requeridos. No caso de espécies perenes arbóreas, em período de formação, o adubo deverá ser aplicado em faixas circulares ao redor das plantas. Na fase de produção, a distribuição deverá ser em faixas laterais às linhas de plantio, com largura definida pela projeção da copa, em quantidades equivalentes aos nutrientes exportados pelas colheitas cujo cálculo poderá ser feito com base na expectativa de produção e teores de nutrientes nas partes colhidas (Tabela 2). Quando as copas estiverem totalmente formadas, os adubos poderão ser distribuídos uniformemente em toda a área. Para as espécies semiperenes como: abacaxi, banana, palmeiras, a aplicação é descrita logo depois das tabelas de recomendação de fertilizantes específicas de cada cultura.

Tabela 2. Teores de nutrientes considerados adequados em diferentes órgãos de algumas culturas perenes e semiperenes*).

| Cultura | Órgão | g/kg | | | | | | | | | | | mg/kg | | | | |
|-----------|-------------------|--|------------------|----------------|--------------|--------------|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--|--|--|--|
| | | N | P | K | S | Ca | Mg | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn | | | | |
| Abacate | Folha | 16-20 | 0,8-2,5 | 7 - 20 | 2,0-6,0 | 20 - 30 | 2,8-8,0 | 50-100 | 5 - 15 | 50-200 | 30-100 | 0,05-1,0 | 30-100 | | | | |
| | Frutos | 2,1-2,8 | 0,3-0,4 | 2,0-3,7 | 0,2 | 0,08-0,13 | 0,16-0,17 | 3,7-6,0 | 3 - 3,3 | 7,4-8,5 | 1,6-2,0 | 0,02-0,2 | 4,5-5,1 | | | | |
| Abacaxi | Folha | 15-17 | 0,8-1,2 | 22 - 30 | - | 8 - 12 | 3 - 4 | 20 - 40 | 5 - 10 | 100-200 | 50-200 | - | 5 - 15 | | | | |
| | Frutos + casca | 0,7 | 0,08 | 0,9 | 0,07 | 0,15 | 0,14 | 0,44 | 0,36 | 2,6 | 1,6 | 0,01 | 0,52 | | | | |
| Acerola | Folha | 20-24 | 0,8-1,2 | 22-30 | - | 8-12 | 3 - 4 | 25-100 | 5 - 15 | 50-100 | 15-50 | - | 30-50 | | | | |
| | Frutos | 1,7-1,8 | 0,3 | 2,6-2,7 | 0,2 | 0,5 | 0,14 | - | 1,62- | 9,91 | 1,69 | - | 2,03 | | | | |
| Banana | Folha | 27-36 | 1,8-2,7 | 35-54 | 2,5-12,0 | 3,0-6,0 | 2,0-8,0 | 10-25 | 6-30 | 80-360 | 20-200 | - | 20-50 | | | | |
| | Frutos | ^(a) 1,2-1,7 ^(b) 1,9 | 0,11-0,3 0,22 | 3,1-4,8 4,0 | 0,21 0,27 | 0,32 0,28 | 0,1 - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Citros | Folha | 22 - 27 | 1,2-1,8 | 10-17 | 1,5-3,9 | 30-55 | 2,5-6 | 36-150 | 4,1-16 | 50-120 | 25-100 | 0,1-10 | 25-100 | | | | |
| | Frutos | 1,67-2,4 | 0,17-0,2 | 2,0-2,19 | 0,1-0,42 | 0,50-0,66 | 0,17-0,21 | 3,45 | 0,46 | 4,49 | 0,98 | - | 1,11 | | | | |
| Eucalipto | Folha | 17,2 | 0,09 | 7,1 | 7,2 | 1,9 | 1,6 | 23 | 5 | 182 | 400 | 0,06 | 13 | | | | |
| | Tronco | 1,50-2,34 | 0,07-0,15 | 0,96-1,74 | 1,73-3,80 | 0,37-0,77 | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| | Madeira (S/casca) | 1,19 | 0,04 | 0,54 | 0,53 | 0,17 | - | - | - | - | - | - | - | | | | |

continua...

Tabela 2. Continuação.

| Cultura | Órgão | g/kg | | | | | | | mg/kg | | | | | | |
|-------------|--|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| | | N | P | K | S | Ca | Mg | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn | | |
| Goiaba | Folha | 13-26 | 1,4-1,9 | 13-20 | 2,5-3,5 | 7-15 | 2,4-4,0 | 20-25 | 10-40 | 50-150 | 40-250 | - | 25-35 | | |
| | Frutos | 1,3 | 0,2 | 0,7-2,2 | 0,15-0,2 | 0,09-0,11 | 0,11 | 0,7-0,8 | 0,8-1,3 | 1,9-2,2 | 1,9-2,9 | - | 1,5-1,9 | | |
| Graviola | Folha | 17-28 | 1,4-9,0 | 18-26 | 1,6-2,0 | 12-18 | 2,0-4,0 | 41-49 | 10 | 100 | 130 | - | 16 | | |
| | Frutos | 2,7-3,0 | 0,34-0,53 | 2,5-3,6 | 0,27 | 0,26-1,0 | 0,1-0,24 | 2,75 | 1,65 | 8,0 | 2,71 | -- | 3,71 | | |
| Guariroba | Palmito | - | 1,9 | - | - | 0,4 | - | - | - | 1,9 | - | - | - | | |
| Mamão | Folha | 10-50 | 2,2-7,0 | 25-55 | 4,0-6,0 | 10-30 | 4,0-12 | 15-30 | 4-11 | 25-291 | 24-150 | 1,85 | 15-43 | | |
| | Frutos | 1,8 | 0,2-0,3 | 1,2-2,7 | 0,15-0,20 | 0,23-0,45 | 0,18-0,26 | 0,9 | 0,3 | 2,6-3,4 | 0,9-1,8 | 0,01 | 1,0-1,4 | | |
| Manga | Folha | 12-14 | 0,8-1,6 | 5-10 | 0,8-1,8 | 20-35 | 2,5-5,0 | 50-100 | 10-50 | 50-200 | 50-150 | - | 20-40 | | |
| | Frutos | 1,2-1,4 | 0,17-0,22 | 1,6-2,3 | 0,20 | 0,15-0,25 | 0,13-0,17 | 0,9 | 0,9-1,5 | 3,4-3,9 | 2,3-4,3 | 2,4-7,1 | 1,3-5,0 | | |
| Maracujá | Folha | 36-55 | 1,2-3,0 | 20-56 | 1,2-4,4 | 17-28 | 1,9-5,5 | 39-148 | 10-16 | 116-233 | 40-604 | 1,1-1,2 | 25-60 | | |
| | Frutos | 2,7-3,4 | 0,4 | 1,0-4,5 | 0,25-0,3 | 0,4 | 0,25 | 0,23 | 0,39 | 0,54 | 1,1 | - | 0,66 | | |
| Pupunha | Folha | 22-35 | 2,0-3,0 | 9-15 | 2,0-3,0 | 2,6-4,0 | 20-45 | 12-30 | 4-10 | 40-200 | 30-150 | - | 15-40 | | |
| | Palmito | 1,7-12,0 | 0,5-2,5 | 4,7-17,6 | 0,2-1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Seringueira | Folhas - <i>H. brasiliensis</i> | 29-35 | 1,8-2,5 | 10-15 | 1,6-2,6 | 0,5-1,0 | 2,0-3,0 | 20-70 | 10-30 | 60-200 | 40-150 | 0,2-1,7 | 20-60 | | |
| | <i>H. brasiliensis</i> x <i>H. benthiana</i> | 25-28 | 1,4-1,7 | 9-12 | 1,4-2,5 | 0,5-0,8 | 1,8-2,2 | - | - | - | - | - | - | | |

(a) banana-prata; (b) banana-nanicao;

(*) Os valores correspondem a teores mínimos e máximos, independente de variedade ou cultivar, obtidos da bibliografia consultada.

Correção da fertilidade do solo

Calagem

A calagem é uma prática agrícola importante porque proporciona maior suprimento de Ca e Mg, corrige a acidez do solo, elimina o alumínio tóxico, reduz a fixação do fósforo e aumenta sua disponibilidade às plantas. De maneira geral, a recomendação de calagem na região do Cerrado visa alcançar uma saturação por bases do solo de 50%, o que eleva o pH em água a 6,0 (Sousa et al., 1997), considerada adequada para o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas. A fórmula utilizada para definir a dose a ser aplicada está citada no Capítulo 3. A quantidade do corretivo recomendada pelo método é para a camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade.

Durante o preparo da área, o calcário, de preferência dolomítico ou magnésiano, deve ser aplicado a lanço, em toda a área e devidamente incorporado a uma profundidade de 20 cm, com antecedência mínima de 30 dias da adubação fosfatada corretiva e da abertura das covas. Nesse período, é importante que haja umidade suficiente no solo para o calcário reagir. Para garantir o estabelecimento rápido das mudas, recomenda-se, também, incorporar na cova de plantio uma dose extra de calcário (ver adubação de plantio).

Ao longo do tempo, o calcário vai perdendo seu efeito residual que é de no mínimo 4 anos, ocorrendo a acidificação gradativa do solo nas camadas mais superficiais devido à retirada de bases pelas plantas e ao efeito acidificante de alguns fertilizantes, principalmente, os nitrogenados. Em áreas sob irrigação, com o uso de altas doses de adubos nitrogenados na forma de sulfato de amônio e mesmo de ureia, a acidificação pode ocorrer de forma mais rápida, reduzindo substancialmente o efeito residual do calcário de quatro para 2 anos. Com o objetivo de manter o pH do solo na faixa adequada, deve-se fazer nova análise de solo a cada 3 anos, com amostras da camada de 0 a 20 cm de profundidade. Quando a saturação por bases do solo atingir 40%, reaplicar o calcário para elevar a saturação a 50%. O

corretivo deverá ser distribuído em cobertura, em faixas da largura do diâmetro da copa para espécies arbóreas ou em toda a área, com incorporação leve para evitar danos às raízes.

Gessagem

Os solos do Cerrado, em geral, também são pobres em nutrientes e ácidos ao longo do perfil. Em solos deficientes em cálcio ou com excesso de alumínio, as raízes das plantas cultivadas têm dificuldade de penetração, ficando o sistema radicular concentrado na camada arável, mais facilmente corrigida pela aplicação de calcário e fertilizantes. Assim, as plantas deixam de explorar as camadas mais profundas do solo em que poderiam encontrar água e nutrientes. Uma prática que tem propiciado ganhos de produtividade tanto para culturas anuais quanto para perenes (café, citros, manga) é a aplicação de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – sulfato de cálcio). O sulfato, solúvel em água, leva cátions até as camadas mais profundas do subsolo, diminui a saturação por alumínio e torna o ambiente mais apropriado para o crescimento das raízes (Sousa et al., 1995). A recomendação de gesso deve-se basear nos resultados das análises química e física do solo, amostrado de 20 cm em 20 cm, até à camada de 60 cm de profundidade. De acordo com os critérios definidos no Capítulo 3, a aplicação de gesso é recomendada em caso de subsolo ácido, com saturação por Al maior que 20% e Ca^{2+} menor que $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, em alguma camada até a profundidade de 60 cm. A quantidade a ser aplicada (N.G.) depende da textura do solo e é definida, no caso de plantas perenes, pela fórmula:

$$\text{N.G. (kg/ha)} = 75 \times \text{teor de argila (\%)}$$

O gesso poderá ser aplicado em toda a área, a lanço, por ocasião da calagem ou em faixas da largura da copa (em caso de pomares já instalados), sem a necessidade de incorporação. O efeito residual do gesso, em geral, é maior que o do calcário, devendo ser reaplicado, se necessário, de acordo com os resultados de nova análise de solo.

Adubação fosfatada

A deficiência do fósforo é uma das causas que mais limitam o crescimento das plantas cultivadas no Cerrado. Como ele é um elemento de pouca mobilidade e alta adsorção pelas partículas do solo, deverá ser aplicado de maneira que permita maior contato dele com as raízes. Assim, na implantação da cultura, baseado nos resultados de análise de solo e definido o nível de disponibilidade de fósforo (Tabela 3), recomenda-se adubação corretiva conforme a Tabela 4, com o fertilizante aplicado a lanço, em toda a área ou nas faixas de plantio, seguido de incorporação ao solo.

Tabela 3. Interpretação de análise de solo para recomendação de adubação fosfatada para culturas perenes e semiperenes.

| Teor de argila | Teor de fósforo no solo ⁽¹⁾ | | |
|----------------|--|----------------------|----------|
| | Baixo | Médio ⁽²⁾ | Adequado |
| % | ----- P (mg/dm ³) ----- | | |
| ≤ 15 | < 12,0 | 12,1 - 18,0 | > 18,0 |
| 16 - 35 | < 10,0 | 10,1 - 15,0 | > 15,0 |
| 36 - 60 | < 5,0 | 5,1 - 8,0 | > 8,0 |
| > 60 | < 3,0 | 3,1 - 6,0 | > 6,0 |

⁽¹⁾ Extrator Mehlich-1.

⁽²⁾ Acima dos limites superiores dessa classe, não se recomenda a adubação.

Na Tabela 4, encontram-se as doses de P recomendadas, tendo como base as fontes solúveis em água, como os superfosfato triplo ou superfosfato simples, por exemplo. Como a quantidade de fertilizante fosfatado para corrigir o solo é elevada, a alternativa para reduzir os custos é a substituição de parte do adubo fosfatado solúvel em água, por fosfatos naturais finamente moídos ou pelos de alta reatividade. A quantidade em P₂O₅ a ser aplicada ao solo deve ser a mesma, independente da fonte a ser utilizada. Entretanto, os fosfatos naturais encontrados no mercado geralmente são de baixa eficiência inicial, devendo-se dar preferência aos fosfatos de alta reatividade que, para culturas anuais, apresentam logo no primeiro ano 60% de equivalência com as fontes solúveis. A partir do segundo ano, essa eficiência aumenta

gradativamente, podendo ser mais bem aproveitado pelas plantas de crescimento lento. Mas, em solos com pH em água maior que 6,0 a dissolução desses fosfatos é mais lenta.

Independente do pH do solo, para não prejudicar o estabelecimento inicial das mudas, recomenda-se uma aplicação localizada de fonte solúvel em água ou em citrato neutro de amônio (CNA), misturando o fertilizante em todo o solo das covas, de modo que fique próximo às raízes das plantas.

Na adubação de formação e na de produção, também deverão ser utilizadas fontes solúveis em água ou CNA, aplicadas a lanço na projeção da copa, para espécies arbóreas ou em faixas, se possível, com incorporação leve.

Tabela 4. Recomendação de adubação fosfatada corretiva para culturas perenes e semiperenes, de acordo com o teor de argila e disponibilidade de fósforo do solo.

| Teor de argila | Nível de disponibilidade de fósforo no solo | | |
|----------------|---|-------|----------|
| | Baixo | Médio | Adequado |
| % | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | |
| ≤ 15 | 60 | 30 | 0 |
| 16 - 35 | 100 | 50 | 0 |
| 36 - 60 | 200 | 100 | 0 |
| > 60 | 280 | 140 | 0 |

Fonte: Sousa & Lobato (Capítulo 6, p.158).

Adubação potássica

Em solos pobres em potássio, recomenda-se adubação corretiva (Tabela 5), com o adubo aplicado a lanço em toda a área, seguido da incorporação. Solos argilosos, em geral, requerem doses mais elevadas de potássio que os arenosos. Por sua vez, os solos arenosos podem apresentar perda por lixiviação e requerem maior parcelamento do fertilizante. Mais de 90% dos adubos potássicos utilizados estão na forma de KCl, bastante solúvel e, portanto, sujeito à lixiviação, principalmente, em solos arenosos. Assim,

para monoculturas de espécies perenes, de estabelecimento lento ou semiperenes com maiores espaçamentos de plantio, a aplicação nas faixas de plantio é a opção mais econômica do que a correção na área toda, propiciando maior aproveitamento pela planta em estágio inicial de desenvolvimento.

A adubação de crescimento e a de produção devem ter por base o desenvolvimento das plantas e a produtividade esperada. Podem ser aplicadas em cobertura, na projeção da copa (para as espécies arbóreas) durante a fase de crescimento das plantas ou em faixas nas linhas de plantio, quando já estiverem em plena produção. A quantidade deve ser aplicada de duas a quatro vezes durante o período chuvoso, conforme a necessidade da cultura e a textura do solo.

Tabela 5. Interpretação da análise do solo e recomendação de adubação corretiva potássica para plantas perenes e semiperenes, em função do teor de potássio e da CTC (pH 7,0) 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 % | kg/ha |
| < 15 | Baixo | 50 |
| 16 a 40 | Médio | 25 |
| > 40 | Adequado | 0 |
| mg/dm ³ | CTC a pH 7 > 4,0 cmol _c /dm ³ ou teor de argila > 20 % | kg/ha |
| < 25 | Baixo | 100 |
| 25 a 80 | Médio | 50 |
| > 80 | Adequado | 0 |

Fonte: Sousa & Lobato (1996).

Enxofre

Os solos com baixo teor de matéria orgânica, geralmente, são deficientes em enxofre (S) e seu fornecimento depende, portanto, da aplicação de fertilizantes que contenham esse nutriente.

A demanda das culturas por enxofre é relativamente pequena e poderá ser suprida com 20 kg/ha de S (Capítulo 9) no preparo da área, com a aplicação de gesso agrícola (15% de S) ou S elementar. Dependendo da quantidade aplicada, o efeito residual é relativamente longo (mais de 6 anos) e, se no manejo da adubação forem utilizados fertilizantes contendo S (superfosfato simples, sulfato de amônio, sulfato de potássio), o nutriente poderá ser facilmente suprido. O superfosfato simples (18% P_2O_5), por exemplo, contém ainda 11% de S por causa do gesso ($CaSO_4$) em sua composição. Assim, toda ou parte da necessidade de S da planta poderá ser suprida ao longo do tempo pelo uso desse fertilizante, com os mesmos efeitos de correção de acidez subsuperficial do gesso agrícola. Entretanto, o produtor poderá optar por adubos ou fórmulas mais concentradas de N, P e K, se na correção da fertilidade do solo for utilizado o gesso, implicando menor custo na aplicação desses fertilizantes.

Micronutrientes

Em áreas de Cerrado, as deficiências mais comuns de micronutrientes são boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn). Em condições naturais, não se tem observado deficiência de manganês (Mn) em culturas anuais, entretanto, em áreas cultivadas por muitos anos sem aplicação desse nutriente, já se observa deficiência. Além disso, como a disponibilidade de Mn depende do pH do solo, quando a incorporação do calcário não é bem feita ou em doses elevadas (saturação por bases maior que 60%) observa-se sua deficiência e, em alguns casos, a de Zn, inclusive, em plantas perenes. A correção de micronutrientes deve ser criteriosa, sempre baseada na análise do solo e da planta.

A aplicação nas doses recomendadas (Capítulo 8) poderá ser feita em toda a área, com distribuição a lanço e incorporado. Nas aplicações localizadas, devem-se usar, preferencialmente, fontes solúveis em água. No caso de se usar fontes insolúveis em água (óxidos, “fritas”), devem ser aplicadas na forma de pó. No caso de B, por ser móvel no solo, sua aplicação poderá ser feita em cobertura. Dependendo da quantidade aplicada, o efeito residual da aplicação de micronutrientes para correção do solo é longo

(4 a 6 anos), portanto muito cuidado deverá se dar às doses dos fertilizantes, uma vez que o limite entre deficiência e toxidez é muito estreito, principalmente, no caso de B.

Em culturas com sintomas visíveis de deficiência, a forma mais eficiente de corrigi-la é via adubação foliar. Porém, quando os sintomas tornam-se evidentes já se pode antever uma queda de produtividade. A análise foliar é, portanto, uma prática imprescindível para determinar, com antecedência, os nutrientes que estão deficientes e que deverão ser fornecidos à planta. Recomenda-se fazer amostragem foliar, a cada 2 anos, de acordo com o indicado para a cultura (Capítulo 10).

Adubação de plantio

Abertura e adubação das covas

A adubação das covas é feita com base no volume de solo. As dimensões das covas dependem da espécie e das características químicas e físicas do solo. Em condições de Cerrado, devem ser as maiores possíveis e adubadas adequadamente para que as raízes encontrem um ambiente favorável para seu crescimento. O bom estabelecimento inicial é fator determinante para as produções futuras. Uma cova pequena e mal adubada restringe o crescimento das raízes, tornando a planta de crescimento inicial lento e mais sujeita a problemas de estresse hídrico e nutricional no período de seca prolongado.

Adubação química

É muito importante misturar o adubo com todo o solo de enchimento da cova de modo o mais homogêneo possível, com antecedência de pelo menos trinta dias do plantio, para evitar desequilíbrios nutricionais e queima de raízes.

A utilização de perfuratriz acoplada ao trator para abertura das covas normalmente causa a compactação do solo nas suas paredes, tornando bastante reduzido o volume de terra retirado que será insuficiente para o completo enchimento das covas. Nesse caso, recomenda-se distribuir o corretivo e os fertilizantes ao redor da cova, misturando-os não somente com a terra já retirada pela perfuratriz, mas também com a terra raspada e amontoada nas adjacências da cova, de modo que a mistura fique homogênea para toda a terra necessária ao seu enchimento.

As recomendações propostas na Tabela 6 referem-se a um volume de solo igual a 1 m³ (aproximadamente 1.000 kg solo). Para volumes menores de solo, as quantidades de corretivo e de fertilizantes a serem incorporados devem ser reduzidas proporcionalmente ao volume da cova. Por exemplo, para covas de 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m, reduzir a 1/8 (12,5%) da quantidade total.

Tabela 6. Sugestão de correção e adubação de cova e pós-plantio.

| Fertilizantes e corretivo | Adubação de cova (para 1 m ³ solo) ⁽¹⁾ | Adubação de cobertura (g/cova) |
|--|--|-----------------------------------|
| Adubo orgânico | | |
| Esterco de curral bem curtido ou Esterco de aves | 100 litros ou 25 litros | - |
| Calcário dolomítico (100% PRNT) | 1000 g | - |
| Adubo Mineral | | |
| Nitrogênio (N) | Proveniente do adubo orgânico | 20 g |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 700 g | - |
| Potássio (K ₂ O) | - | 20 g |
| Micronutrientes | 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 | - |

⁽¹⁾ 1 m³ ≅ 1.000 kg solo

- covas de 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m = 0,216 m³ ≅ 216 kg solo
- covas de 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m = 0,125 m³ ≅ 125 kg solo
- covas de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m = 0,064 m³ ≅ 64 kg de solo
- covas de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m = 0,027 m³ ≅ 27 kg de solo

A adição de N e K à cova pode ser dispensada se utilizar a adubação orgânica.

As adubações de cobertura com N e K devem ser repetidas três ou quatro vezes, a cada 30 dias após o plantio das mudas no campo. Na estação chuvosa seguinte, iniciar a adubação de formação específica de cada cultura.

Adubação orgânica

A aplicação de adubos orgânicos tem efeitos benéficos às plantas, quando provenientes de material de boa qualidade e em quantidades adequadas. O adubo orgânico, misturado com o solo retirado das covas, além de liberar nutrientes, permite maior aeração e retenção da água no ambiente radicular, fatores muito importantes no desenvolvimento inicial das mudas. Em geral, os estercos de origem animal (de gado, de aves e porcos) contêm quase todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, principalmente N e K. Outros elementos estão em quantidades menores, tais como P e alguns micronutrientes, sendo necessária, algumas vezes, a complementação com fertilizantes químicos. Normalmente, a quantidade de esterco de curral a ser aplicada varia de 10% a 25% do volume de solo necessário ao preenchimento da cova. No caso do uso de esterco de aves que é mais rico em nutrientes, a quantidade a ser aplicada na cova deve ser três a quatro vezes menor. É importante ressaltar que os estercos devem estar bem curtidos, caso contrário poderão ser prejudiciais às mudas, quando a aplicação for realizada durante o plantio.

Adubação nitrogenada

Os adubos nitrogenados são solúveis em água. O nitrogênio (N), ao contrário do fósforo, é um elemento bastante móvel no solo, sujeito a perdas por lixiviação, principalmente, em período de chuvas intensas. Assim, seu fornecimento deve ser parcelado durante o período chuvoso e coincidir com a fase de maior requerimento da planta, para melhor aproveitamento do fertilizante.

Logo após o plantio no campo, até o completo pegamento das mudas, o N necessário à planta é suprido pelo N da matéria orgânica do solo ou pelo adubo orgânico aplicado na cova. Depois do estabelecimento da planta, que pode variar de 15 a 40 dias após o plantio, deve-se iniciar a adubação

nitrogenada de crescimento, com a distribuição do fertilizante em cobertura na cova. A aplicação dos adubos nitrogenados deve ser feita de duas a quatro vezes durante as chuvas de maneira que o elemento esteja disponível no período de maior exigência da cultura e se reduzam as perdas por lixiviação. As perdas por volatilização estão ligadas ao uso de ureia e podem ser minimizadas com a aplicação e a incorporação em dias com chuvas e solo úmido.

Durante o desenvolvimento das plantas, as aplicações, a lanço e em cobertura, devem ser feitas na área sob a copa nas espécies arbóreas ou em faixas laterais das plantas. Quando em fase de produção, deve-se considerar a quantidade retirada pela cultura e também a necessária para manter seu crescimento vegetativo. Ao contrário dos outros elementos, os dados de análise de solo não indicam a quantidade de N que possa estar disponível para as plantas. Nesse caso, o diagnóstico visual (vigor das plantas e cor das folhas) e o teor de N nas folhas serão os indicadores da necessidade de aplicação do nutriente.

Amostragem do solo em áreas com culturas perenes

Na instalação da cultura, em área não corrigida ou adubada anteriormente, deve-se proceder de acordo com o sugerido no Capítulo 2. Em áreas com a cultura já instalada e com solos adubados periodicamente, recomenda-se fazer nova amostragem a cada 2 ou 3 anos nas faixas de plantio, adubadas anteriormente.

As amostras de solo para a avaliação da fertilidade devem ser retiradas com bastante antecedência para que, com os resultados das análises, possam ser definidas a quantidade de corretivo e a de fertilizantes a serem aplicados. Devem ser amostradas as camadas de 0 a 20 cm e, as demais, de 20 cm em 20 cm, até a profundidade de 60 cm. As recomendações de corretivo e de fertilizantes serão baseadas nos resultados da análise do solo coletado de 0 a 20 cm. A quantidade de gesso a ser aplicada será baseada nos mesmos critérios já mencionados, utilizando os dados de análise do subsolo. Como o efeito residual do gesso é superior a 5 anos, a amostragem do subsolo poderá ser feita após esse período.

Abacate

Espaçamento

10 m x 8 m; 10 m x 6 m; 10 m x 12 m; 12 m x 12 m (69 plantas/ha a 167 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubação de formação

Em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação abaixo. Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | N | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|----------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | g/planta | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 60 | 120 | 80 | 40 | 80 | 50 | 30 |
| 2 | 120 | 180 | 120 | 60 | 120 | 80 | 40 |
| 3 | 200 | 240 | 160 | 80 | 160 | 110 | 50 |
| 4 | 300 | 300 | 200 | 100 | 200 | 130 | 70 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 21 | 21 a 28 | > 28 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 6 | 45 | 35 | 20 | 30 | 20 | 0 | 60 | 40 | 30 |
| 6 - 12 | 70 | 55 | 30 | 50 | 30 | 0 | 95 | 60 | 40 |
| 12 - 20 | 120 | 100 | 60 | 90 | 60 | 15 | 150 | 100 | 70 |
| 20 - 30 | 180 | 150 | 90 | 130 | 90 | 20 | 210 | 140 | 100 |
| > 30 | 240 | 200 | 120 | 170 | 120 | 25 | 270 | 180 | 130 |

Recomendações especiais

- Parcelar em três vezes, durante o período chuvoso, os adubos contendo N e K, podendo ser aplicados juntos, em faixas da largura da projeção da copa.
- o adubo fosfatado pode ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e 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.
- a reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Abacaxi

Espaçamento

Fileira simples – 80 cm a 120 cm x 30 cm a 40 cm (21 plantas/ha a 42 mil plantas/ha).

Fileira dupla – 70 cm a 90 cm entre as filas duplas e 30 cm a 40 cm entre as filas simples x 22 cm a 35 cm entre plantas (44 plantas/ha a 90 mil plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- Calagem (N.C.):** para elevar a saturação por bases a 35% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|------------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | N (kg/ha) | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 20 | 180 | 90 | 70 | 35 | 230 | 180 | 140 |
| 20 - 30 | 200 | 120 | 90 | 45 | 290 | 230 | 170 |
| 30 - 40 | 300 | 160 | 120 | 60 | 400 | 320 | 240 |
| 40 - 50 | 400 | 200 | 150 | 75 | 510 | 410 | 310 |
| > 50 | 500 | 240 | 180 | 90 | 620 | 500 | 380 |

Recomendações especiais

- A adubação nitrogenada e a potássica deverão ser parceladas em cinco vezes: 10% um mês após o plantio; 20% aos seis meses; 30% aos nove meses; 20% no décimo e 20% no 12º mês após o plantio. Quando a adubação ocorrer no período seco, deverá ser feita irrigação para garantir a absorção dos nutrientes.

Em condições de sequeiro parcelar a adubação com N e K em três vezes sendo 30%, 1 mês após o plantio, 30% no início do período chuvoso seguinte e 40% de 60 a 90 dias após a segunda aplicação.

- Para a safra subsequente (soca), aplicar metade da dose recomendada do adubo aos 60, 90 e 120 dias após a colheita da primeira safra.
- Os adubos nitrogenados e os potássicos devem ser aplicados em cobertura, localizados próximos à planta, com parte dos fertilizantes colocados

nas axilas das folhas basais. Evitar o uso de adubos contendo cloretos (KCl), pois eles afetam a qualidade dos frutos. Para a segunda safra (soca) aplicar metade da quantidade total de K_2O , parcelada em duas ou três vezes.

- d) Muita atenção deverá ser dada às quantidades, localização, fontes dos adubos e a textura do solo. Nos solos arenosos, existe a possibilidade de perdas por lixiviação de N e K, uma vez que a maior quantidade dos fertilizantes, mesmo quando parcelados, é aplicada no período chuvoso. Como o intervalo entre a segunda e a terceira aplicação do K é de aproximadamente 160 dias, recomenda-se parcelar, dentro desse intervalo, o maior número de vezes possível. Outro aspecto importante é a fonte do adubo. No caso do sulfato de amônio e ureia, as altas doses podem causar a acidificação rápida do solo.
- e) O adubo fosfatado pode ser aplicado de uma única vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e 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.
- f) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- g) Fazer nova amostragem de solo a cada 2 ou 3 anos e de folha, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Acerola

Espaçamento

4 m x 4 m; 4 m x 3 m (625 plantas/ha a 833 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.

- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de apresentar subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubação de formação

Em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação abaixo. Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | g/planta | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 50 | 100 | 60 | 0 | 100 | 60 | 30 |
| 2 | 140 | 150 | 100 | 50 | 150 | 100 | 50 |
| 3 | 200 | 190 | 130 | 60 | 190 | 130 | 60 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 20 | 20 a 24 | > 24 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 10 | 40 | 30 | 20 | 40 | 30 | 0 | 60 | 45 | 30 |
| 10 - 20 | 50 | 40 | 30 | 50 | 40 | 10 | 80 | 70 | 50 |
| 20 - 30 | 90 | 80 | 50 | 90 | 80 | 20 | 140 | 120 | 80 |
| 30 - 40 | 130 | 110 | 70 | 125 | 100 | 25 | 200 | 170 | 110 |
| > 40 | 170 | 140 | 80 | 160 | 130 | 30 | 260 | 210 | 140 |

Recomendações especiais

- a) Parcelar em três vezes, durante o período chuvoso, os adubos contendo N e K, podendo ser aplicados juntos, em faixas da largura da projeção da copa.
- b) O adubo fosfatado pode ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e 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.
- c) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- d) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Banana

Espaçamento

Cultivares de porte baixo – 2 m x 2 m; 2 m x 2,5 m (2 mil famílias/ha a 2.500 famílias/ha).

Cultivares de porte alto – 2,5 m x 3 m; 3 m x 3 m (1.111 famílias/ha a 1.333 famílias/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubação de cova

Tabela 6.

Adubações de formação

Em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva fosfatada, adubar conforme a recomendação abaixo. Caso tenha sido feita adubação corretiva, iniciar a adubação com P a partir dos 120 dias. Os fertilizantes, contendo N e K, devem ser parcelados em três a quatro vezes, com aplicações mensais, para evitar altas concentrações dos nutrientes e consequente perdas por lixiviação. Os adubos devem ser aplicados em círculos de 100 cm de diâmetro, ao redor da planta.

| Idade | Nutrientes | | |
|-------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Dias após plantio | ----- g/planta ----- | | |
| 30 - 40 | 35 | 20 | 60 |
| 60 - 90 | 70 | 40 | 120 |
| 120 - 150 | 70 | 40 | 120 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 25 | 25 a 35 | > 35 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 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) A adubação com N e K deve ser parcelada em três vezes durante o período chuvoso, distribuindo os fertilizantes em semicírculos 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.

- b) Não se deve colocar o adubo sobre os restos da cultura, mas diretamente no solo.
- c) 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.
- d) 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 20 kg/ha/ano a 30 kg/ha/ano.
- e) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- f) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Café

Espaçamento

1,5 m a 4,0 m x 0,5 m a 2,0 m (2.100 plantas/ha a 10 mil plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.

- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretiva:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de plantio e de pós-plantio

Adubação no sulco

| Textura | Fósforo | | | Potássio | | |
|---------|---|-------|----------|------------------------------------|-------|----------|
| | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| % | ----- P ₂ O ₅ (g/m) ----- | | | ----- K ₂ O (g/m) ----- | | |
| ≤ 15 | 35 | 20 | 10 | 25 | 15 | 0 |
| 16 a 35 | 40 | 30 | 15 | 25 | 15 | 0 |
| 36 a 60 | 60 | 40 | 20 | 35 | 25 | 15 |
| > 60 | 80 | 60 | 30 | 35 | 25 | 15 |

- a) **Adubação orgânica:** vários materiais orgânicos, desde que bem curtidos, podem ser utilizados na adubação de plantio. A quantidade a ser aplicada no local de plantio da muda, por metro linear de sulco, depende da composição do material: esterco de curral, 20 L/m; esterco de galinha (cama), 2 L/m a 3 L/m; torta de mamona, 2 L/m. A distribuição deve ser feita misturando-se o adubo orgânico com o solo de enchimento do sulco ou da cova, em combinação com os adubos e o calcário.
- b) **Adubação de cobertura:** Depois do pegamento das mudas, aplicar 5 g/planta de N, ao redor da planta, repetindo a dose até três vezes durante o período chuvoso.

Adubações de formação

| Idade | Nitrogênio | Potássio |
|---------|--------------|-----------------------------|
| meses | N (g/planta) | K ₂ O (g/planta) |
| 12 - 24 | 30 | 20 |
| 24 - 36 | 60 | 60 |

Um ano após o plantio das mudas, aplicar a quantidade de N e K, indicada na recomendação acima, ao redor da planta, dividindo em até quatro vezes durante o período chuvoso;

Se no plantio não tiver sido usada nenhuma fonte de enxofre, recomenda-se utilizar sulfato de amônio nas adubações nitrogenadas.

Adubações de produção

| Produtividade esperada ¹ | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 27 | 27 a 32 | > 32 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| Saca/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 10 | 50 | 40 | 30 | 20 | 0 | 0 | 60 | 45 | 25 |
| 10 - 20 | 80 | 60 | 40 | 30 | 20 | 0 | 80 | 70 | 40 |
| 20 - 30 | 130 | 105 | 80 | 50 | 35 | 20 | 140 | 115 | 65 |
| 30 - 40 | 180 | 150 | 110 | 70 | 45 | 20 | 190 | 160 | 90 |
| 40 - 50 | 240 | 190 | 140 | 90 | 60 | 30 | 250 | 205 | 115 |
| 50 - 60 | 290 | 230 | 170 | 110 | 70 | 40 | 300 | 250 | 140 |
| 60 - 70 | 340 | 270 | 205 | 130 | 90 | 45 | 355 | 300 | 165 |
| 70 - 80 | 290 | 315 | 240 | 150 | 100 | 50 | 410 | 340 | 190 |
| > 80 | 420 | 340 | 250 | 160 | 110 | 55 | 440 | 360 | 205 |

⁽¹⁾Café beneficiado.

Recomendações especiais

- No plantio, misturar bem os fertilizantes com a terra do sulco ou da cova.
- Na adubação de produção, parcelar em três vezes os adubos contendo N e K durante o período chuvoso, podendo ser aplicados juntos, em faixas da

largura da projeção dos ramos da saia, mantendo a distância mínima de 20 cm do caule, aumentando essa distância em 10 cm a cada ano seguinte.

- c) O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo fosfatado e utilização de fórmulas comerciais, sendo a decisão de ordem econômica.
- d) Em lavouras onde foi efetuado o decote das plantas, não havendo interrupção da produção, manter a mesma quantidade de nutrientes NPK, indicadas para lavouras sem poda, observando-se sua capacidade produtiva.
- e) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- f) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e amostragens de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Citros (laranja, limão-tahiti, limão-verdadeiro)

Espaçamento

7 m x 6 m; 8 m x 5 m (238 plantas/ha a 250 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de 0,5 de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubação de formação (independente de copa ou porta-enxerto)

Em áreas novas onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação abaixo.

Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 40 | 100 | 70 | 35 | 70 | 45 | 20 |
| 2 | 100 | 175 | 120 | 60 | 110 | 75 | 35 |
| 3 | 200 | 245 | 160 | 80 | 160 | 105 | 50 |
| 4 | 340 | 315 | 210 | 105 | 200 | 135 | 70 |
| 5 | 415 | 350 | 230 | 120 | 225 | 150 | 75 |

Obs.: em plantas da variedade de laranja-valência reduzir em 20% a dosagem de K₂O, a partir do terceiro ano de formação.

Adubações de produção (laranja e limão-tahiti)

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 23 | 23 a 28 | > 28 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 15 | 70 | 60 | 50 | 50 | 35 | 0 | 50 | 35 | 25 |
| 15 - 20 | 80 | 70 | 60 | 60 | 40 | 0 | 60 | 40 | 30 |
| 20 - 30 | 120 | 100 | 80 | 90 | 60 | 10 | 80 | 60 | 50 |
| 30 - 40 | 170 | 140 | 110 | 125 | 80 | 15 | 120 | 80 | 70 |
| 40 - 50 | 215 | 180 | 140 | 160 | 110 | 20 | 150 | 110 | 85 |
| > 50 | 260 | 220 | 170 | 200 | 130 | 30 | 185 | 130 | 100 |

Obs.: para o limão-verdadeiro, aumentar as quantidades de K₂O recomendadas para laranja e limão-tahiti em 30% e reduzir as de N em 20%.

Recomendações especiais

- a) Manter o teor de magnésio no solo no mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$, utilizando calcário dolomítico ou magnesiano por ocasião da calagem. Pode ser usada outra fonte de Mg (ex. sulfato de magnésio, magnesita), quando for economicamente viável. Em caso de sintomas de deficiência (clorose em forma de **V** invertido nas folhas mais velhas), fazer adubação foliar com $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ na dosagem de 2 kg do produto/100 L de água.
- b) Na adubação de formação e produção, parcelar em três vezes os adubos contendo N e K no período chuvoso, podendo ser aplicados juntos, ao redor das plantas, mantendo a distância mínima de 20 cm do tronco ou em faixas da largura da projeção da copa.
- c) O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo fosfatado e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.
- d) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- e) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e amostragens de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Espécies nativas do Cerrado(*)

Embora sejam aparentemente tolerantes e adaptadas aos solos pobres e ácidos do Cerrado, as espécies nativas apresentam maior porte em solos de fertilidade mais alta e, ainda em caráter preliminar, têm evidenciado respostas de crescimento às adubações. Portanto, enquanto não se definem experimentalmente as doses de nutrientes a aplicar para o cultivo dessas espécies, sugerem-se as seguintes adubações:

(*) Com a colaboração de Ailton Vitor Pereira (Embrapa Cerrados) e Elaine Botelho Carvalho Pereira (AGENCIARURAL-GO).

Correção e adubação em pré-plantio

- Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 25% (camada de 0 a 20 cm) garantindo teor mínimo de $1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca e $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- Adubações corretivas de P e K:** conforme Tabelas 3, 4 e 5, se cultivar outras espécies entre as linhas.
- Adubação de substrato para mudas (para cada m^3 de solo):** Incorporar 500 g de calcário dolomítico (100% PRNT); 400 g de P_2O_5 ; 1,0 g de B; 0,5 g de Cu; 1,0 g de Mn; 0,05 g de Mo; 2,0 g de Zn. Adicionar 100 L de esterco de curral bem curtido ou 25 L de esterco de aves. Para mudas de mangaba, utilizar substrato com 25% a 30% de argila, com o máximo de 5% de esterco de curral.
- Durante a formação das mudas (em torno de 12 meses), devem ser feitas adubações em cobertura com N (10 g/10 L de água) a cada 30 dias e de K_2O (10 g/10 L de água) a cada 60 dias, na forma de regas (10 L de solução/2 m^2 de canteiro de mudas) ou 50 mL da solução/muda de saco plástico (4 L a 5 L de solo).
- Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubação de plantio

Conforme Tabela 6, dispensando a adubação orgânica na cova para o plantio de mangaba.

Adubações de formação e de produção

Conforme a recomendação abaixo.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|---|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P_2O_5 (g/planta) ----- | | | ----- K_2O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 15 | 15 | 10 | 0 | 15 | 10 | 0 |
| 2 | 30 | 30 | 20 | 0 | 30 | 20 | 0 |
| 3 | 45 | 45 | 30 | 0 | 45 | 30 | 0 |
| 4 | 60 | 60 | 40 | 0 | 60 | 40 | 0 |
| ≥ 5 | 75 | 75 | 50 | 0 | 75 | 50 | 0 |

Recomendações especiais

- a) Parcelar as doses recomendadas para formação e produção em três aplicações em cobertura, durante o período chuvoso, ao redor das plantas, de modo uniforme, em toda a área sob a copa.
- b) Utilizar alguma fonte de N ou P contendo enxofre (S), visando a seu fornecimento às plantas.

Eucalipto

Espaçamento

- 2,0 m x 2,0 m (2.500 plantas/ha).
- 3,0 m x 1,5 m (2.222 plantas/ha).
- 3,0 m x 2,0 m (1.667 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 25% (camada de 0 a 20 cm). Teor de Ca mínimo de $1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e Mg $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de apresentar subsolo ácido (saturação por Al $> 20\%$ e/ou Ca $< 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 80 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** conforme Tabela a seguir; para interpretação da análise de solo (Tabelas 3 e 5).
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

| Teor de argila | Nível de P e K no solo | | | | | |
|----------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | Baixo | | Médio | | Adequado | |
| | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| % | ----- (kg/ha) ----- | | | | | |
| ≤ 15 | 50 | 30 | 25 | 15 | 0 | 0 |
| 16 - 35 | 100 | 60 | 50 | 30 | 0 | 0 |
| > 35 | 150 | 90 | 75 | 45 | 0 | 0 |

Adubações de cova e de cobertura

| Nutrientes | Adubação de cova ^(*) | Adubação de cobertura |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| | g/cova | Kg/ha |
| N | - | 60 |
| P ₂ O ₅ | 27 g | - |
| K ₂ O | 8 g | 40 |

(*) Dimensão da cova = 30 cm x 30 cm x 30 cm.

Recomendações especiais

- O adubo fosfatado e os micronutrientes deverão ser aplicados de uma vez, no plantio, a lanço e incorporados.
- Com o objetivo de reduzir os custos da implantação do povoamento florestal, parte do adubo fosfatado solúvel pode ser substituído por fosfatos naturais, finamente moídos, ou pelos de alta reatividade, distribuídos e incorporados em toda a área, ou na faixa de plantio.
- Se utilizado fosfato natural ou de alta reatividade na adubação corretiva, para não prejudicar o estabelecimento inicial das mudas, utilizar uma fonte solúvel misturada ao solo retirado da cova de plantio.
- Iniciar a adubação de cobertura com N e K cerca de 30 a 40 dias após o plantio, parceladas em três vezes, durante o período chuvoso. Os adubos podem ser aplicados juntos, na forma de filetes contínuos ou em faixas da largura da projeção da copa.

- e) Entre 12 e 24 meses após o plantio, repetir a adubação de cobertura de N e K, parceladas em três vezes, durante o período chuvoso.
- f) Durante os primeiros anos, após a implantação, caso haja necessidade de corrigir o teor de fósforo no solo, deverá ser utilizada uma fonte fosfatada solúvel que pode ser parcelada junto com o N e o K, se possível, com incorporação leve.
- g) g) Fazer novas amostragens de solo a cada 3 ou 4 anos e amostragens de folha, a cada 4 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Goiaba

Espaçamento

Consumo in natura – 5 m x 6 m; 6 m a 8 m x 5 m (250 plantas/ha a 333 plantas/ha).

Para indústria – 5 m x 8 m; 7 m x 7 m (204 plantas/ha a 250 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** para elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação

Em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação abaixo. Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 60 | 120 | 80 | 40 | 80 | 50 | 30 |
| 2 | 120 | 180 | 120 | 60 | 120 | 80 | 40 |
| 3 | 200 | 240 | 160 | 80 | 160 | 110 | 50 |
| 4 | 300 | 300 | 200 | 100 | 200 | 130 | 70 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 21 | 21 a 28 | > 28 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 20 | 70 | 60 | 30 | 70 | 50 | 10 | 70 | 45 | 30 |
| 20 - 40 | 100 | 85 | 50 | 100 | 70 | 20 | 100 | 70 | 50 |
| 40 - 60 | 170 | 140 | 85 | 180 | 120 | 30 | 170 | 120 | 80 |
| 60 - 80 | 230 | 200 | 120 | 250 | 170 | 40 | 235 | 160 | 110 |
| > 80 | 300 | 250 | 150 | 320 | 215 | 50 | 300 | 200 | 140 |

Recomendações especiais

- Parcelar em três vezes os adubos contendo N e K no período chuvoso, podendo ser aplicados juntos, em faixas da largura da projeção da copa.
- O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.

- c) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- d) Fazer nova amostragem de solo a cada 2 ou 3 anos e amostragem de folha, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Graviola

Espaçamento

6 m x 6 m; 7 m x 7 m; 8 m x 8 m (156 plantas/ha a 278 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação

Em áreas novas onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação a seguir. Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 40 | 100 | 60 | 30 | 60 | 40 | 20 |
| 2 | 100 | 140 | 100 | 50 | 100 | 60 | 30 |
| 3 | 190 | 200 | 140 | 70 | 140 | 90 | 45 |
| 4 | 270 | 240 | 160 | 80 | 160 | 110 | 50 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 18 | 18 a 28 | > 28 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 5 | 40 | 30 | 20 | 50 | 30 | 10 | 40 | 30 | 20 |
| 5 - 10 | 60 | 50 | 30 | 70 | 50 | 15 | 60 | 40 | 30 |
| > 10 | 100 | 80 | 50 | 120 | 80 | 20 | 105 | 70 | 50 |

Recomendações especiais

- Parcelar os adubos contendo N e K em três vezes no período chuvoso, podendo ser aplicados juntos em faixas da largura da projeção da copa.
- O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.
- A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- Fazer nova amostragem de solo a cada 2 ou 3 anos e de folha, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Guariroba^(*)

Espaçamento

1,0 m x 1,0 m – mudas

1,2 m x 1,2 m – 2 cocos/cova (10 mil plantas/ha a 13.888 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de apresentar subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação e de produção

No primeiro ano, em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva, utilizar a adubação de cova e pós-plantio (Tabela 6). Em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação a seguir.

Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, não será necessário fazer adubação de P e K no primeiro ano.

^(*) Com a colaboração de Ailton Vitor Pereira (Embrapa Cerrados).

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 150 | 0 | 0 | 0 | 100 | 60 | 0 |
| 2 | 250 | 120 | 100 | 0 | 200 | 120 | 0 |
| ≥ 3 | 350 | 120 | 100 | 0 | 300 | 180 | 0 |

Recomendações especiais

- As doses de N e K devem ser parceladas em seis vezes durante o ano, nas plantações irrigadas e três vezes durante o período chuvoso nas plantações não irrigadas. Os adubos podem ser aplicados juntos, ao redor das plantas, em faixas da largura da projeção das copas.
- O adubo fosfatado pode ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa, ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento e desembolso com a compra do adubo e a utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.
- A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos.

Mamão

Espaçamento

3,0 m x 3,0 m; 3,0 m x 2,0 m (1.111 plantas/ha a 1.666 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de 1,0 cmol_c/dm³ de Mg.

- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de produção

Em áreas novas onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, com base na análise inicial do solo, adubar conforme recomendação abaixo.

| Produtividade esperada | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|--------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | N (g/planta) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| < 20 | 60 | 70 | 55 | 15 | 100 | 80 | 50 |
| 20 - 30 | 75 | 90 | 70 | 20 | 140 | 90 | 60 |
| 30 - 40 | 105 | 120 | 100 | 25 | 180 | 120 | 80 |
| 40 - 50 | 135 | 155 | 120 | 30 | 220 | 160 | 100 |
| > 50 | 165 | 190 | 150 | 40 | 260 | 200 | 140 |

Recomendações especiais

- a) Parcelar os adubos contendo N e K em três vezes, durante o período chuvoso, podendo ser aplicados juntos, em faixas da largura de 1 m, nos dois lados da planta. Utilizar o K, de preferência, na forma de sulfato de potássio.
- b) O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e 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.

- e) c) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e amostragens de folhas de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Manga

Espaçamento

10 m x 10 m (100 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação

Em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação a seguir. Caso tenham sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, fazer nova amostragem de solo após o terceiro ano e adubar conforme a necessidade de P e K.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 30 | 80 | 50 | 30 | 50 | 30 | 20 |
| 2 | 80 | 115 | 80 | 40 | 80 | 50 | 30 |
| 3 | 150 | 160 | 110 | 50 | 110 | 70 | 40 |
| 4 | 210 | 190 | 130 | 60 | 130 | 85 | 50 |

Adubações de produção

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 12 | 12 a 14 | > 14 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 10 | 30 | 20 | 10 | 30 | 20 | 0 | 40 | 30 | 20 |
| 10 - 15 | 35 | 30 | 15 | 35 | 25 | 0 | 50 | 35 | 25 |
| 15 - 20 | 45 | 40 | 25 | 50 | 30 | 0 | 70 | 50 | 30 |
| 20 - 25 | 60 | 50 | 30 | 60 | 40 | 10 | 90 | 60 | 40 |
| > 25 | 70 | 60 | 40 | 80 | 50 | 15 | 115 | 80 | 50 |

Recomendações especiais

- Parcelar em três vezes os adubos contendo N e K (início, meio e final das chuvas), podendo ser aplicados juntos em faixas da largura da projeção da copa.
- O adubo fosfatado poderá ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.
- A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.

- d) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Maracujá

Espaçamento

6 m x 3 m; 6 m x 4 m (416 plantas/ha a 555 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em alguma camada até a profundidade de 80 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de produção

Em áreas novas onde não tenha sido feita adubação corretiva ou em áreas já cultivadas, tendo como base a análise de solo, adubar conforme a recomendação a seguir.

| Produtividade esperada | Teor de N no tecido (g/kg) | | | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|------------------------|----------------------------|---------|------|---|-------|----------|--------------------------------------|-------|----------|
| | < 36 | 36 a 55 | > 55 | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| t/ha | ----- N (kg/ha) ----- | | | ----- P ₂ O ₅ (kg/ha) ----- | | | ----- K ₂ O (kg/ha) ----- | | |
| < 10 | 35 | 30 | 15 | 20 | 15 | 0 | 90 | 60 | 40 |
| 10 - 15 | 45 | 35 | 20 | 40 | 30 | 0 | 115 | 80 | 50 |
| 15 - 20 | 60 | 50 | 30 | 60 | 40 | 10 | 155 | 100 | 70 |
| 20 - 25 | 80 | 65 | 40 | 70 | 50 | 15 | 170 | 115 | 95 |
| > 25 | 100 | 80 | 50 | 90 | 60 | 15 | 250 | 165 | 115 |

Recomendações especiais

- Parcelar os adubos contendo N e K mensalmente, durante o período chuvoso, podendo ser aplicados juntos, em faixas da largura de 1 m, nos dois lados da planta, de 20 cm a 30 cm a partir do tronco.
- O adubo fosfatado pode ser aplicado de uma única vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao escalonamento de desembolso com a compra do adubo e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.
- A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 4 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Pupunha(*)

Espaçamento

2,0 m x 1,0 m (5 mil plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de 0,5 cmol_c/dm³ de Mg.

(*) Com a colaboração de Ailton Vitor Pereira (Embrapa Cerrados).

- b) **Gessagem (N.G.):** em caso de subsolo ácido (saturação por Al > 20% e/ou Ca < 0,5 cmol_c/dm³) em alguma camada até a profundidade de 60 cm.
- c) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- d) Aplicar os micronutrientes de acordo com a recomendação do Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação e de produção

No primeiro ano, em áreas novas, onde não tenha sido feita adubação corretiva, utilizar a adubação de cova e pós-plantio (Tabela 6). Em áreas já cultivadas, adubar conforme a recomendação abaixo.

No caso de terem sido feitas adubações fosfatada e potássica corretivas, não será necessário fazer adubação de P e K no primeiro ano.

| Idade | Nitrogênio | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 60 | 0 |
| 2 | 200 | 120 | 100 | 0 | 200 | 120 | 0 |

Recomendações especiais

- a) As doses de N e K devem ser parceladas em seis vezes durante o ano, nas plantações irrigadas e três no período chuvoso, nas plantações não irrigadas. Os adubos podem ser aplicados juntos, ao redor das plantas em faixas da largura da projeção das copas.
- b) O adubo fosfatado pode ser aplicado de uma vez, no início da estação chuvosa ou parcelado junto com o N e K. Essa prática visa ao

escalonamento de desembolso com a compra do adubo e utilização de fórmulas comerciais, sendo essa decisão de ordem econômica.

- c) A reaplicação dos micronutrientes pode ser necessária após 44 anos, baseada em dados de análise de solo e planta. Após o estabelecimento, se forem identificadas deficiências de micronutrientes, aplicá-los via foliar.
- d) Fazer novas amostragens de solo a cada 2 ou 3 anos e amostragens de folhas, a cada 2 anos, de acordo com o descrito no Capítulo 10.

Seringueira^(*)

Espaçamento

8,0 m x 2,5 m (500 plantas/ha).

Correção e adubação em pré-plantio

- a) **Calagem (N.C.):** elevar a saturação por bases a 50% (camada de 0 a 20 cm) e teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Mg.
- b) **Adubações fosfatada e potássica corretivas:** Tabelas 3, 4 e 5.
- c) **Adubação corretiva de micronutrientes:** Capítulo 8.

Adubações de cova e de pós-plantio

Tabela 6.

Adubações de formação e de produção

Devem ser feitas com base nas análises de solo, de modo a manter em níveis adequados os teores foliares dos nutrientes (Tabela 2, p. 320), conforme a tabela a seguir.

^(*)Com a colaboração de Ailton Vitor Pereira (Embrapa Cerrados) e Elaine Botelho Carvalho Pereira (AGENCIARURAL-GO).

| Idade | Nitrogênio | Enxofre | Nível de P no solo | | | Nível de K no solo | | |
|-------|------------|-----------|--|-------|----------|---|-------|----------|
| | | | Baixo | Médio | Adequado | Baixo | Médio | Adequado |
| anos | N (g/pl) | S (kg/ha) | ----- P ₂ O ₅ (g/planta) ----- | | | ----- K ₂ O (g/planta) ----- | | |
| 1 | 15 | 5 | 15 | 10 | 0 | 15 | 10 | 0 |
| 2 | 30 | 10 | 30 | 15 | 0 | 30 | 15 | 0 |
| 3 | 45 | 15 | 45 | 25 | 0 | 45 | 25 | 0 |
| > 4 | 60 | 20 | 60 | 30 | 0 | 60 | 30 | 0 |

Recomendações especiais

- As adubações corretivas de fósforo e potássio devem ser utilizadas principalmente no caso de aproveitamento entre as linhas do seringal em formação para consorciação com outras culturas.
- A adubação fosfatada será dispensável durante a formação do seringal se forem feitas a fosfatagem e a adubação de cova.
- As doses indicadas devem ser aplicadas em três parcelas durante o período chuvoso, a lanço e de modo uniforme ao redor das plantas ou em faixas laterais crescentes 0,5 m ao ano até o fechamento das copas. No caso de excesso comprovado pela análise foliar, as doses indicadas devem ser suspensas temporariamente até uma nova avaliação.
- As doses de enxofre podem ser fornecidas por meio de gesso agrícola ou do enxofre elementar ou da utilização de fertilizantes nitrogenados ou fosfatados, tais como o sulfato de amônio e o superfosfato simples.
- Caso não tenham sido feitas adubações corretivas de micronutrientes antes do plantio, a prevenção ou correção de suas deficiências pode ser feita a qualquer momento durante a vida do seringal, com a aplicação nas faixas de plantio das doses indicadas no Capítulo 8. Em seringueiras jovens, as deficiências de zinco, manganês e cobre podem ser mais rapidamente corrigidas via pulverização foliar com sulfato de zinco (0,5%), sulfato de manganês (0,5%) e sulfato de cobre (0,3%) neutralizado com cal hidratada

(0,3%), respectivamente. A deficiência de boro também pode ser corrigida via foliar com borax (0,5%) ou ácido bórico (0,25%).

- f) Para avaliações da fertilidade do solo e do estado nutricional de seringais em formação ou em produção, o seringal deve ser dividido em blocos de no máximo 10 ha os quais devem ser homogêneos internamente quanto ao clone e idade de plantio, posição no relevo, tipo, cor e textura do solo, segundo a metodologia preconizada por Pereira & Pereira (1986) e Rajj & Cantarella (1996). A amostragem de folhas deve ser feita durante o verão, obedecendo a mesma divisão de blocos, adotada para a amostragem de solo, colhendo-se folhas completas (três folíolos) de 25 plantas em cada bloco. Em seringais de até 4 anos, retirar duas folhas mais desenvolvidas da base do último lançamento foliar maduro, situado no exterior da copa e em plena luz. Em seringais com mais de 4 anos, retirar duas folhas mais desenvolvidas no último lançamento maduro em ramos baixos e sombreados da copa. As folhas de cada amostra composta devem ser acondicionadas em sacos novos de papel devidamente etiquetados e enviadas o mais rápido possível ao laboratório.

Referências

AGUIAR, J. L. P. de; ALMEIDA, S. P. de; PEREIRA, G. Avaliação econômica de um sistema de produção de gueroba (*Syagrus oleracea* Becc.) em Aragoiania-GO. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte, MG. **Forest 96: resumos**. Belo Horizonte: BIOSFERA, 1996. p. 333-334.

Alves, E. J.; Dantas, J. L. L.; Soares Filho, W. dos S.; Silva, S. de O. e; Oliveira, M. de A.; Souza, L. da S.; Cintra, F. L. D.; Borges, A. L.; Oliveira, A. M. G. de; Oliveira, S. L. de; Fancelli, M.; Cordeiro, Z. J. M.; Souza, J. da S. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 106 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18). AGRIANUAL 97 – Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 1996.

BANANA: produção, colheita pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, 196, p. 1-108, 1999.

BARROS, N. F. de. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

Borges, A. L.; Alves, E. J.; Dantas, J. L. L.; Silva, S. de O. e; Souza, L. da S.; Matos, A. P.; Fancelli, M., Oliveira, A. M. G. de; Cordeiro, Z. J. M.; Silveira, J. R. S.; Costa, D. da C.; Medina, V. M.; Souza, J. da S.; Oliveira, R. P. de; Cardoso, C. E. L.; Matsuura, F. C. A. U.; Almeida, C. O. de. **O cultivo da banana**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. 109 p. (EMBRAPA-CNPMPF. Circular Técnica, 27).

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Adubação com macro e micronutrientes em citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., 1996, Bebedouro, SP, **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 161-178.

COELHO, Y. da S. **Lima ácida 'tahiti' para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1993. 35 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 1).

COELHO, Y. da S. **Tangerina para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1996. 42 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 24).

CULTURA do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 2, n.141, p. 1-112, 1986.

CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. do; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 35 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 8).

CUNHA, G. A. P. da; MATOS, A. P. de.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. da S.; SANCHES, N. F.; REINHARDT, D. H. R. C. **Abacaxi para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 41 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 11).

Dantas, A. C. V. L.; Borges, A. L.; Souza, A. da S.; Oliveira, A. M. G. de; Alves, E. J.; Souza, F. V. D.; Dantas, J. L. L.; Souza, J. da S.; Sheperd, K.; Souza, L. da S.; Oliveira, M. de A.; Fancelli, M.; Carneiro, M. S.; Almeida, O. A.; Torres Filho, P.; Caldas, R. C.; Nogueira, R.I.; Torrezan, R.; Silva, S. de O. e; Silva Neto, S. P. da; Oliveira, S. L. de; Medina, V. M.; Soares Filho, W. dos S.; Cordeiro, Z. J. M. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: EMBRAPA-SPI; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. 585 p.

DINIZ, J. de A.; SA, L. F. de. **A cultura da guariroba**. Goiânia: EMATER-GO, 1995. 16 p.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR, 1995. 53 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 2).

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 43 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 10).

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Goiaba para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 49 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 5).

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **A cultura da goiaba**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 75 p. (EMBRAPA-SPI. Coleção Plantar, 27).

HAAG, H. P. (Coord.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. 1986, Campinas: Fundação Cargill, 1996. 342 p.

Lima, A. de A.; Santos Filho, H. P.; Fancelli, M.; Sanches, N. F.; Borges, A. L. **A cultura do maracujá**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP: Brasília; EMBRAPA-SPI, 1994. 76 p. (Coleção Plantar, 13).

Malavolta, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. Malavolta, E. (Ed.). São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E.; NETTO, A.V. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 154 p.

Matiello, J.B. **O café**: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320 p. (Coleção do Agricultor).

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999. 1 CD-ROM.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. **Goiabeira**: calagem e adubação. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 22 p.

NOGUEIRA, O. L.; CALZAVARA, B. B. G.; MULLER, C. H.; CARVALHO, C. J. R. de; GALVAO, E. U. P.; SILVA, H. M. e; RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. U. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de; ROCHA NETO, O. G. da.; NASCIMENTO, W. M. O. do. **A cultura da pupunha**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 50 p. (EMBRAPA-SPI. Coleção Plantar, 25).

OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B. dos.; OLIVEIRA, M. de A.; SOUZA JUNIOR. M. T.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A. de; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 52 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 9).

PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C. **Adubação de seringais de cultivo na Amazônia (primeira aproximação)**. Manaus: EMBRAPA-CNPDS, 1986. 32 p. (EMBRAPA-CNPDS. Circular Técnica, 8).

PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. **Doses de NPK para formação de seringais em solos de Cerrado do estado de Goiás**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999a. 17 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 1).

PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; ANDRADE, L.R.M. de; FIALHO, J. De F.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Correção de solo e adubação de seringueira no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999b. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 3).

PINTO, A. C. de Q.; SILVA, E. M. da. **Graviola para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: MAARA-SDR/EMBRAPA-SPI, 1994. 41 p. (Série Publicações Técnicas Frupep, 7).

PINTO, A. C. de Q.; GENU, P. J. de C.; PEDRAZZI, R. G.; FERREIRA, F. R. **Melhoramento da gravioleira (*Annona muricata* L.) nos cerrados de Goiás e Distrito Federal**. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985. Planaltina, 1987. p. 339-342.

QUAGGIO, J.A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação de resultados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., 1996, Bebedouro, SP, **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 95-114.

QUAGGIO, J. A.; Raij, B. van.. Frutíferas. In: Raij, B. van.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. p. 119-154.

Raij, B. van.; Cantarella, H.. Outras culturas industriais. In: Raij, B. van.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico: Fundação IAC, 1996. p. 231-244.

Ruggiero, C.; José, A. R. S.; Volpe, C. A.; Oliveira, J. C. de; Durigan, J. F.; Baumgartner, J. G.; Silva, J. R. da; Nakamura, K.; Ferreira, M. E.; Kavati, R.; Pereira, V. de P. **Maracujá para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 64 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 19).

SHORROCKS, V. M. **Deficiências minerais em Hevea e plantas de cobertura associadas**. Brasília: SHUDHEVEA, 1979. 76 p.

Silva, J. A.; Silva, D. B. da; Junqueira, N. T. V.; Andrade, L. R. M. de. **Frutas nativas dos Cerrados**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 166 p.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1995. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 14 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 27).

TEIXEIRA, L. A. J. Adubação nitrogenada e potássica em bananeira “Nanicão” (*Musa* AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação. 2000. 132 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, P. Banana. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, 1996. p. 131-132. (Boletim Técnico, 100).

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Fracionamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2001 (no prelo).

VARGAS RAMOS, V.H. Propagação e implantação de pomar de mangueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.86, p.20-27, 1982.

VARGAS RAMOS, V.H. **Cultura da gravioleira (*Annona muricata* L.)**. In: DONADIO, L.C.; MARTINS, A.B.G.; VALENTE, J.P.(Ed.). *Fruticultura tropical*. Jaboticabal: FUNEP/FCAV/UNESP, 1992. p.127-157.

VARGAS RAMOS, V. H.; PINTO, A. C. de Q.; GENU, P. J. de C.; FERREIRA, F. F. **Melhoramento da gravioleira (*Annona muricata* L.) nos cerrados de Goiás e Distrito Federal**. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. (Planaltina, DF). Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985/1987. Planaltina, 1991. p. 219-222.

Calagem e adubação para pastagens

Lourival Vilela

Wilson Vieira Soares

Djalma M. Gomes de Sousa

Manuel Cláudio M. Macedo

Introdução

A pecuária é uma das atividades econômicas mais importantes na região do Cerrado. Atualmente, estima-se uma área de 48 milhões de hectares de pastagem cultivada (Macedo, 1995). A participação relativa de espécies do gênero *Brachiaria* é de 85%, e a *Brachiaria decumbens* ocupa cerca de 55% da área total de pastagem cultivada dessa região. Estimativas indicam que cerca de 80% das áreas com pastagem cultivada apresentam algum nível de degradação (Barcellos, 1996).

A produtividade animal a pasto é função da disponibilidade e da qualidade da forragem em oferta e das características do animal. Pastagem bem adubada, além de aumentar a produção, melhora a qualidade da forragem em oferta.

A perda da produtividade das pastagens da região do Cerrado, ao longo do tempo, tem sido atribuída a diversos fatores e entre os mais importantes, citam-se: estabelecimento inadequado, lotação excessiva, falta de adubação de manutenção. Estudos em fazendas, nessa região, têm indicado que a deficiência de fósforo e de nitrogênio é a causa mais frequente da perda de produtividade das pastagens.

Na adubação de pastagens, devem ser consideradas duas fases distintas: a de estabelecimento e a de manutenção.

Na fase de estabelecimento, os nutrientes são essenciais para que a planta cresça e desenvolva seu sistema radicular e demais órgãos, sendo o fósforo (P) o elemento mais importante nas fases iniciais de crescimento das plantas e de estabelecimento da pastagem.

Na fase de manutenção de pastagens bem formadas, as plantas com sistema radicular bem desenvolvido, exploram um volume relativamente grande de solo e, portanto, as adubações podem ser menores que na de estabelecimento. Normalmente, acontecem associações simbióticas com fungos micorrízicos que aumentam a capacidade de absorção de fósforo e de outros nutrientes pouco móveis, casos como o do zinco (Zn) e o do cobre (Cu). Outra simbiose importante ocorre nas pastagens consorciadas com leguminosas cuja associação com rizóbio proporciona ganhos significativos de nitrogênio (N). No sistema solo-planta-animal, os nutrientes estão reciclando continuamente. Os excrementos – fezes e urina – e a mineralização da matéria orgânica dos resíduos estão, permanentemente, devolvendo nutrientes ao solo. Por sua vez, ocorrem perdas de nutrientes do sistema entre outros processos por volatilização, lixiviação, erosão e exportação na forma de carne e leite. Entre outras práticas, a adubação de manutenção pode quebrar o ciclo da recuperação-degradação de pastagens característico da região do Cerrado permitindo maiores ganhos aos produtores e minimizando danos ambientais.

Calagem e adubação para o estabelecimento

Vários fatores devem ser levados em consideração para se obter o estabelecimento adequado de pastagens. Entre eles podem ser citados: exigências nutricionais das espécies forrageiras, características do solo, qualidade e manuseio das sementes, preparo do solo, época e modos de plantio e manejo de formação. Na recomendação de calagem e de adubação para o estabelecimento de pastagens, consideram-se, principalmente, os dois primeiros fatores: exigências das plantas e características do solo.

Exigência de fertilidade do solo das principais gramíneas e leguminosas forrageiras

Entre as espécies de plantas e dentro delas existem graus diferenciados de adaptação às condições adversas do solo ou há exigências diferentes quanto à fertilidade do solo. Para fins práticos e considerando as espécies mais comumente plantadas na região do Cerrado, são propostos três grupos para gramíneas (Tabela 1) e dois grupos para leguminosas (Tabela 2), segundo o nível de exigência e indicações dos respectivos graus de adaptação à baixa fertilidade do solo. Os diferentes graus de adaptação das forrageiras às condições de fertilidade do solo foram estabelecidos considerando, principalmente, a acidez e a disponibilidade de fósforo.

Tabela 1. Grau de exigência de gramíneas forrageiras às condições de fertilidade de solo.

| Espécies | Grau de exigência em fertilidade |
|--|----------------------------------|
| <i>Andropogon gayanus</i> | |
| cv. Planaltina | pouco exigente |
| cv. Baeti | pouco exigente |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | pouco exigente |
| <i>Brachiaria humidicola</i> | pouco exigente |
| <i>Brachiaria ruziziensis</i> | pouco exigente |
| <i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca | pouco exigente |
| <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu | exigente |
| <i>Setaria anceps</i> | exigente |
| <i>Panicum maximum</i> | |
| cv. Vencedor | exigente |
| cv. Centenário | exigente |
| cv. Colônia | muito exigente |
| cv. Tobiatã | muito exigente |
| cv. Tanzânia-1 | muito exigente |
| cv. Mombaça | muito exigente |
| <i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante, Napier) | muito exigente |
| <i>Cynodon</i> spp. (Coast-Cross, Tifton) | muito exigente |

Fonte: Sousa et al. (2001).

Calagem

Para as espécies pouco exigentes em fertilidade, recomenda-se elevar a saturação por bases do solo para 30% a 35% e para as espécies exigentes elevar a saturação por bases para 40% a 45%. Para leucena e soja perene a saturação por bases deve ser elevada para 45% a 50% (Tabelas 1 e 2). Para as espécies de gramíneas, muito exigentes, recomenda-se elevar a saturação por bases para 50% a 60% (Tabela 1).

Tabela 2. Grau de exigência de leguminosas forrageiras às condições de fertilidade de solo.

| Espécie | Grau de exigência em fertilidade |
|--|----------------------------------|
| <i>Stylosanthes guianensis</i> | |
| cv. Mineirão | pouco exigente |
| cv. Bandeirante | pouco exigente |
| <i>Stylosanthes macrocephala</i> cv. Pioneiro | pouco exigente |
| <i>S. capitata</i> + <i>S. macrocephala</i> cv. Campo Grande | pouco exigente |
| <i>Calopogonium mucunoides</i> | pouco exigente |
| <i>Pueraria phaseoloides</i> | pouco exigente |
| Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) cv. Amarillo | exigente |
| Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>) | muito exigente |
| Soja perene (<i>Neonotonia wightii</i>) | muito exigente |

Fonte: Sousa et al. (2001).

O calcário deve ser aplicado a lanço, de modo o mais uniforme possível e incorporado ao solo, de preferência, no fim da estação chuvosa anterior ao plantio. Quando a dose recomendada for inferior a 3 t/ha, sugere-se fazer uma única aplicação, seguida de incorporação com arado ou grade pesada. Com doses maiores, é conveniente aplicar metade antes da primeira aração e a outra metade antes da gradagem. Como os solos do Cerrado apresentam, normalmente, teores baixos de magnésio (Mg), recomenda-se que, pelo menos, parte do calcário seja dolomítico ou magnésiano de forma que o teor

desse nutriente no solo atinja o valor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Deve-se ainda levar em conta a qualidade do calcário, corrigindo-se a dose estimada para Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) = 100%.

A quantidade de calcário a ser aplicada (N.C.) para elevar a saturação por bases, por exemplo, para 45%, pode ser calculada pela fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = [(T \times 0,45) - S] \times f$$

em que $S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ e $T = (\text{Al} + \text{H}) + \text{S}$, todos expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. O valor de f é obtido pelo quociente $100/\text{PRNT}$.

Gessagem

Para espécies exigentes e muito exigentes, se necessária a correção da subsuperfície do solo (saturação de alumínio > 20% ou teor de cálcio < $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na profundidade de 40 cm a 60 cm do solo), o gesso agrícola pode ser aplicado em doses iguais às recomendadas para culturas anuais:

$$\text{Necessidade de gesso em kg/ha} = \% \text{ de argila} \times 50.$$

Se essa recomendação for adotada, a reaplicação de S deverá ser feita somente após um período de, no mínimo, 10 anos.

Adubação

Nas Tabelas 1 e 2, apresentam-se as espécies segundo a sua exigência em fertilidade do solo e nas Tabelas 3 e 4, as interpretações de resultados de análise de fósforo no solo, baseadas nos teores de argila e segundo o grau de exigência das espécies. Nas Tabelas 5 e 6, fazem-se as recomendações, respectivamente, de fósforo e potássio (K) para estabelecimento de pastagens, segundo as características do solo e as exigências das forrageiras.

Tabela 3. Interpretação dos resultados da análise de fósforo no solo na profundidade de 0 a 20 cm, extraído pelo método Mehlich-1, para três grupos de exigência das forrageiras.

| Teor de argila | Disponibilidade de fósforo | | | |
|--------------------------|--------------------------------|------------|-------------|----------|
| | Muito baixa | Baixa | Média | Adequada |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | |
| Espécies pouco exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 3,0 | 3,1 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | > 9,0 |
| 16 a 35 | 0 a 2,5 | 2,6 a 5,0 | 5,1 a 7,0 | > 7,0 |
| 36 a 60 | 0 a 1,5 | 1,6 a 3,0 | 3,1 a 4,5 | > 4,5 |
| > 60 | 0 a 0,5 | 0,6 a 1,5 | 1,6 a 3,0 | > 3,0 |
| Espécies exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | > 15,0 |
| 16 a 35 | 0 a 4,0 | 4,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | > 12,0 |
| 36 a 60 | 0 a 2,0 | 2,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |
| > 60 | 0 a 1,0 | 1,1 a 2,5 | 2,6 a 4,0 | > 4,0 |
| Espécies muito exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 6,0 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 21,0 | > 21,0 |
| 16 a 35 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 18,0 | > 18,0 |
| 36 a 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | > 10,0 |
| > 60 | 0 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | > 5,0 |

Fonte: Sousa et al. (2001).

Tabela 4. Interpretação dos resultados da análise de fósforo no solo na profundidade de 0 a 20 cm, extraído pelo método da resina (P-resina), para três grupos de exigência das forrageiras.

| Disponibilidade de fósforo | | | | |
|--------------------------------|-----------|------------|----------|--|
| Muito baixa | Baixa | Média | Adequada | |
| ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| Espécies pouco exigentes | | | | |
| 0 a 3,0 | 3,1 a 6,0 | 6,1 a 8,0 | > 8,0 | |
| Espécies exigentes | | | | |
| 0 a 4,0 | 4,1 a 8,0 | 8,1 a 11,0 | > 11,0 | |
| Espécies muito exigentes | | | | |
| 0 a 5,0 | 5,1 a 9,0 | 9,1 a 18,0 | > 18,0 | |

Fonte: Sousa et al. (2001).

Tabela 5. Recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de pastagens em decorrência da análise do solo e da exigência das espécies forrageiras.

| Teor de argila | Disponibilidade de fósforo no solo ⁽¹⁾ | | | |
|--------------------------|--|-------|-------|----------|
| | Muito baixa | Baixa | Média | Adequada |
| % | ----- kg/ha de P ₂ O ₅ a aplicar ----- | | | |
| Espécies pouco exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 40 | 30 | 20 | 0 |
| 16 a 35 | 60 | 45 | 30 | 0 |
| 36 a 60 | 90 | 70 | 45 | 0 |
| > 60 | 120 | 90 | 60 | 0 |
| Espécies exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 70 | 55 | 35 | 0 |
| 16 a 35 | 90 | 70 | 45 | 0 |
| 36 a 60 | 140 | 105 | 70 | 0 |
| > 60 | 180 | 135 | 90 | 0 |
| Espécies muito exigentes | | | | |
| ≤ 15 | 80 | 50 | 40 | 0 |
| 16 a 35 | 120 | 75 | 60 | 0 |
| 36 a 60 | 180 | 120 | 90 | 0 |
| > 60 | 240 | 150 | 120 | 0 |

⁽¹⁾ Ver Tabela 3 (P-Mehlich) ou Tabela 4 (P-resina).

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2001).

Tabela 6. Recomendação de adubação potássica para pastagens consorciada e solteira em decorrência da análise de solo.

| Teor de K no solo | Doses de potássio | |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | Pastagem consorciada ⁽¹⁾ | Pastagem solteira ⁽²⁾ |
| (mg/dm ³) | ----- kg/ha de K ₂ O ----- | |
| < 25 | 60 | 40 |
| 25-50 | 40 | 20 |
| > 50 | 20 | 0 |

⁽¹⁾ Gramínea e leguminosas.

⁽²⁾ Gramínea pura.

Fonte: Vilela et al. (1998).

Para exemplificar o uso das tabelas de interpretação da análise do solo e a recomendação de adubação com fósforo, considere um solo com 45% de argila e $2,0 \text{ mg/dm}^3$ de P. Se o produtor deseja plantar *Brachiaria decumbens*, que é uma espécie pouco exigente de acordo com a Tabela 1, a quantidade de fósforo a ser aplicada é de 70 kg de P_2O_5 por hectare. Para chegar a essa quantidade de fósforo, em primeiro lugar, identifique na Tabela 3 qual a classe de disponibilidade de fósforo – muito baixa, baixa, média ou adequada – em que o solo se enquadra. Na Tabela 3, verifica-se que um solo com 45% de argila pertence ao intervalo 36% a 60%. Na linha correspondente ao teor 36% a 60%, verifica-se que a concentração de $2,0 \text{ mg/dm}^3$ de P no solo pertence à classe de baixa disponibilidade (1,6 a 3,0) para espécies pouco exigentes. Com essa informação, constata-se na Tabela 5 que a quantidade de fósforo recomendada para um solo com baixa disponibilidade desse nutriente e com teor de argila entre 36% e 60% é de 70 kg/ha de P_2O_5 . Se o método usado para extrair o fósforo for o da resina, necessita-se apenas identificar a classe de disponibilidade de fósforo no solo na Tabela 4 de acordo com a exigência das espécies e verificar a recomendação na Tabela 5, em função do teor de argila.

Fósforo

O fósforo é o nutriente mais importante para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado. Pode-se optar pelas diversas fontes disponíveis no mercado. Os fosfatos solúveis (superfosfato simples e triplo) e os termofosfatos apresentam a mesma eficiência. Os fosfatos naturais reativos (de origem sedimentar), como os de Gafsa, Arad e Carolina do Norte têm apresentado eficiência agrônômica de 75% a 85% no primeiro ano e de 100% a partir do segundo ano após a implantação da pastagem. Já os fosfatos naturais brasileiros, como os de Araxá e de Patos de Minas, apresentam 50% de eficiência em relação aos fosfatos solúveis. Portanto, para esses fosfatos, necessita-se aplicar o dobro da dose de P_2O_5 recomendada na Tabela 5.

Os fosfatos naturais e os termofosfatos devem ser sempre aplicados a lanço e incorporados ao solo. Os solúveis podem ser aplicados a lanço ou em sulco. Na fase de estabelecimento de pastagens consorciadas, pode-se

aplicar metade da dose de fósforo exigida a lanço como fosfato natural e a outra metade no sulco como fonte solúvel para favorecer a leguminosa semeada na linha. Se a leguminosa for semeada a lanço como o capim, recomendam-se fontes de fósforo solúveis ou reativas.

Potássio

A fonte mais disponível no mercado é o cloreto de potássio (KCl). Sua aplicação pode ser feita a lanço misturado com o fosfato.

Nitrogênio

Na fase de estabelecimento de pastagens exclusivas de gramíneas, em solos com baixo teor de matéria orgânica (<1,6 % de matéria orgânica), recomenda-se aplicar 40 kg/ha a 50 kg/ha de N em cobertura, de preferência sob as formas de sulfato de amônio que contêm enxofre ou nitrato de amônio por serem menos suscetíveis a perdas de nitrogênio por volatilização. Essa aplicação deve ser feita quando a superfície do solo apresentar mais de 75% de cobertura pelas plantas. Em áreas recém-desmatadas e adequadamente calcarizadas, normalmente, a mineralização da matéria orgânica supre a demanda de N para essa fase de 60 kg/ha/ano a 80 kg/ha/ano de N.

A ureia em cobertura pode ser usada, tendo-se o cuidado de aplicá-la no período chuvoso, em solo que apresenta bom teor de umidade. As perdas de nitrogênio por volatilização são de difícil previsão, às vezes, não ocorrem ou podem ser mínimas, especialmente se chover logo após sua aplicação (Rajj, 1991).

Enxofre

Normalmente os técnicos e os produtores têm-se preocupado mais com a calagem e com as adubações fosfatada e nitrogenada do que com a adubação com enxofre que frequentemente tem sido negligenciada. A falta de enxofre nas adubações das pastagens pode comprometer a produção de forragem. Os resultados apresentados na Figura 1 exemplificam a perda de

produtividade do capim-braquiária em um solo da região do Cerrado que não recebeu enxofre no plantio. Nos cinco cortes, a redução na produção de matéria seca do tratamento sem enxofre foi de 30% em relação àquele que recebeu apenas 30 kg/ha de S (200 kg/ha de gesso agrícola). No que se refere ao tratamento que recebeu 90 kg/ha de S, a redução de produção de forragem foi um pouco maior: 33%. Nos três tratamentos estudados, com o passar do tempo, verificam-se reduções na produtividade do capim. Essa redução referente ao segundo corte foi de: 71%, 33% e 16% para as doses de 0; 30 kg/ha e 90 kg/ha de S, respectivamente. Em condições de pastejo a redução seria menor, mas em sistemas intensivos de uso de pastagem o processo pode ser mais rápido.

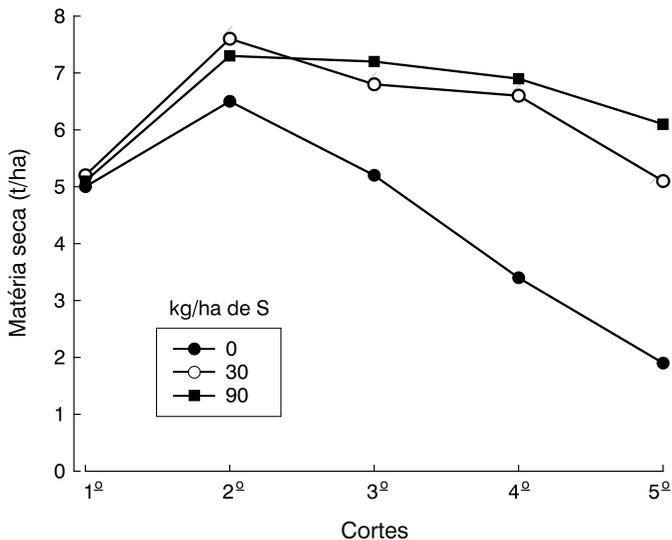


Figura 1. Resposta da *Brachiaria decumbens* a doses de enxofre aplicadas na forma de gesso agrícola em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 24% de argila do Distrito Federal. Os cortes foram realizados em: 9/5/1996, 30/1/1997, 17/6/1997, 21/1/1998 e 28/5/1998.

Fonte: Sousa, et al. (2001).

Recomenda-se aplicar 30 kg/ha de S na forma de gesso agrícola ou enxofre elementar (flor-de-enxofre). Conforme a dose, a aplicação de fósforo

na forma de superfosfato simples ou de N, na forma de sulfato de amônio, já contempla a necessidade de S.

Micronutrientes

As leguminosas, normalmente, são mais exigentes do que as gramíneas. O molibdênio (Mo) é particularmente necessário para o processo de fixação de N pelo rizóbio. Uma mistura de micronutrientes que contenha 0,2 kg/ha; 2,0 kg/ha; 2,0 kg/ha; e 1,0 kg/ha, respectivamente, de Mo, zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), normalmente, satisfaz a exigência da maioria das plantas forrageiras. Outras deficiências, como a de manganês (Mn) para leguminosas, poderão surgir devido a desequilíbrios causados, por exemplo, pela elevação do pH acima de 6,5.

Calagem e adubação para manutenção

Além das características do solo e do grau de exigência das espécies forrageiras, a necessidade de calcário e de fertilizantes vai variar com a intensidade de uso e manejo da pastagem.

Os resultados apresentados na Figura 2 mostram a eficiência de diferentes opções de adubação com fósforo na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso do Distrito Federal. As opções testadas foram: 1) sem aplicação de fósforo no plantio da pastagem e sem adubações de manutenção com esse nutriente; 2) sem aplicação de fósforo no plantio da pastagem e manutenção bienal em cobertura com superfosfato triplo (ST); 3) 44 kg/ha de P (222 kg/ha de ST) aplicados a lanço no plantio; 4) 44 kg/ha de P na forma ST aplicados a lanço no plantio mais manutenções bienais em cobertura com esse fertilizante. A dose de ST aplicada para manutenção em cobertura foi de 67 kg/ha (13 kg/ha de P). Todos os tratamentos recebiam anualmente aplicações em cobertura com nitrogênio e potássio (NK) para repor o exportado em cada corte.

A maior produção de matéria seca de braquiária foi obtida com a alternativa 4. O rendimento da matéria seca acumulado nos seis cortes foi de 36 t/ha para um total de 356 kg/ha de superfosfato. A produção de matéria seca na ausência da adubação fosfatada de plantio e de manutenções foi de aproximadamente um terço (12,8 t/ha) da obtida na alternativa 4.

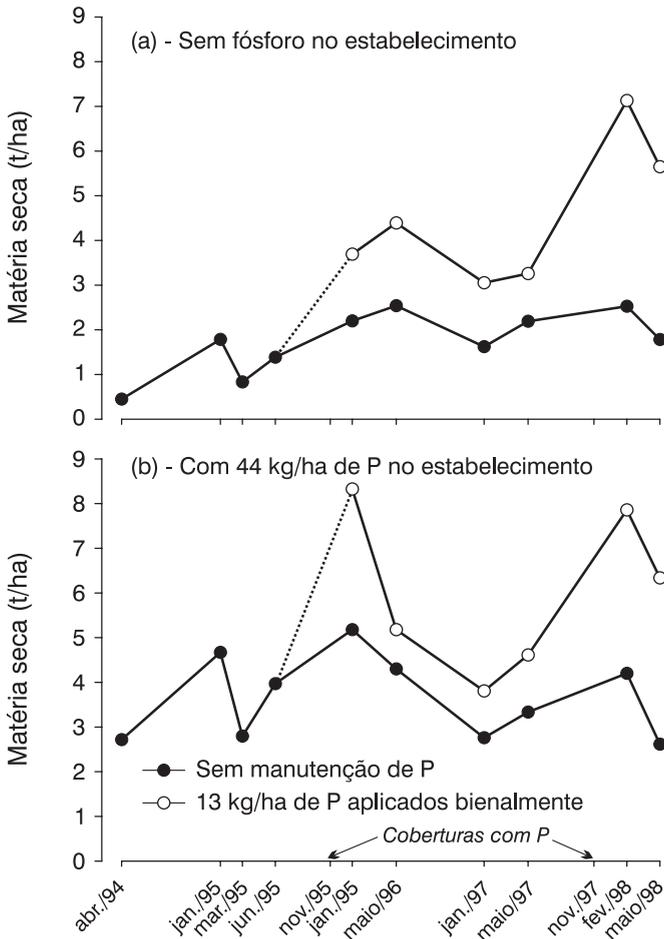


Figura 2. Efeito da adubação de manutenção bienal com fósforo (13 kg/ha de P) na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* em seis cortes realizados durante 3 anos (1995 a 1998). A reposição de 100% do NK exportado na matéria seca era feita após cada corte. A pastagem foi plantada em dezembro de 1993.

Ainda na Figura 2 observa-se que: a) quando se realizou a adubação fosfatada no plantio, sem manutenções bienais com P, verificou-se diminuição no rendimento de forragem; b) sem a adubação fosfatada no plantio, mas com manutenções bienais com P, a produção de forragem aumentou; c) entre as duas aplicações de fósforo em cobertura, observou-se redução na produção de matéria seca seguida de aumento dela.

Se houver a deficiência de outros nutrientes no solo, a eficiência das adubações de manutenção com fósforo pode ser comprometida. Os resultados mostrados na Figura 3 exemplificam esse fato. A redução no nível das adubações de reposição de NK para 30% resultou no decréscimo de 39% na produção total de matéria seca de braquiária, acumulada em 3 anos. A falta de reposições bienais de P e das anuais de NK resultaram em reduções semelhantes no rendimento de matéria seca.

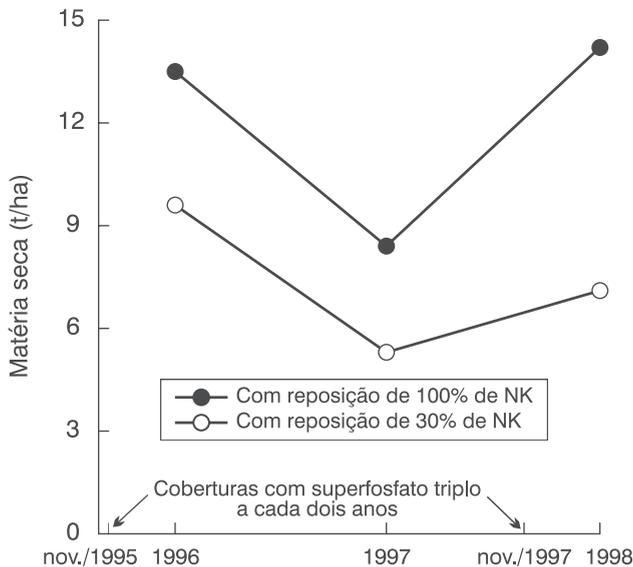


Figura 3. Efeito de níveis de adubações de manutenção anuais com nitrogênio e potássio na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* em seis cortes realizados durante 3 anos (1995 a 1998). As reposições de NK eram realizadas após cada corte.

Mesmo sendo resultados obtidos em experimentos com cortes, o que significa maior exportação de nutrientes do que sob pastejo, os dados constantes nas Figuras 2 e 3 ilustram situações que ocorrem frequentemente em escala comercial. A falta de adubações de manutenção com nitrogênio, fósforo, potássio (reposição dos nutrientes exportados na forma de carne, leite, lã e imobilizados em formas pouco disponíveis para as plantas) é uma das principais causas de perda de produtividade e degradação das pastagens no Cerrado. A ausência de animais no experimento dificultou a análise de benefício e custos. No entanto, ficam evidentes as vantagens das adubações de manutenção com NPK na produção de forragem que, certamente, afetarão positivamente a capacidade de suporte das pastagens.

Há necessidade de mais estudos para definir quantidades e frequências das adubações de manutenção e as estratégias de aplicação mais econômicas. Porém, tentativamente, apresentam-se, a seguir, algumas sugestões de doses e frequência de adubações de manutenção.

Nas explorações extensivas, recomenda-se aplicar em cobertura, nitrogênio e fósforo nas doses de 40 kg/ha/ano de N e de 20 kg/ha de P_2O_5 a cada 2 anos, na forma de fosfato solúvel, com a finalidade de evitar a degradação das pastagens exclusivas de gramíneas. Para o potássio, aplicar 50 kg/ha de K_2O em cobertura quando o teor de K no solo cair para menos de 30 mg/dm³. Também é necessária reposição de 20 kg/ha de enxofre a cada 2 anos como gesso ou adubos fosfatados ou nitrogenados que contenham enxofre.

A reaplicação de calcário pode ser necessária para corrigir a acidez resultante da adição contínua de fertilizantes nitrogenados e para devolver Ca e Mg ao solo. A cobertura com calcário deve ser feita quando a saturação por bases reduzir para 20% a 25% em áreas plantadas com espécies pouco exigentes e 30% a 35% para espécies exigentes e muito exigentes. A quantidade de calcário a ser aplicada é a necessária para restabelecer a saturação por bases recomendada para o plantio. A aplicação de calcário deve preceder às demais adubações de cobertura e pode ser feita ainda no período seco.

O fósforo e outros nutrientes devem ser aplicados, preferencialmente, no início da estação chuvosa, exceto a de nitrogênio que se recomenda seja feita no terço final do período chuvoso, com o intuito de prolongar o suprimento de forragem na estação seca e promover a rebrotação mais precoce e vigorosa do pasto no início do período chuvoso seguinte (Werner, 1984). Com a redução das chuvas, o risco de perdas por volatilização do N da ureia aplicada em cobertura é maior. Portanto, o sulfato de amônio ou nitrato de amônio são as fontes mais indicadas.

Para pastagem consorciada, não se recomenda aplicar nitrogênio, devendo-se acrescentar micronutrientes à adubação acima indicada para pastagens exclusivas de gramíneas. Particularmente, o Mo deve ser incluído nas adubações periódicas com P, K e S.

Em pastagens destinadas à produção de feno ou em capineiras, a reposição de nutrientes deve ser feita com base na quantidade de matéria seca removida da área. Para gramíneas, por exemplo, sugere-se estimar a reposição, calculando-se as quantidades de N, P e K retiradas na matéria seca colhida. Teores 1,5% de N, 0,15 % de P e 1,5 % de K, no tecido vegetal, são valores razoáveis e podem ser usados quando não for possível ter uma análise de forragem. Consequentemente, para cada tonelada de matéria seca retirada, seriam aplicados 15 kg/ha, 1,5 kg/ha e 15 kg/ha, respectivamente, de N, P e K, ou seja, 15 kg/ha, 3,5 kg/ha e 18 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O .

Considerações finais

Este trabalho representa uma primeira aproximação de recomendações aplicáveis à média das pastagens na região do Cerrado. Certamente, deverão ser ajustadas à situação de cada empreendimento. A tomada de decisão final deverá incluir critérios de natureza econômica que permitam estimar relações de benefício/custo favoráveis ao produtor.

Recomenda-se, sempre que possível, a formação de pastagens em associação a uma cultura anual ou após alguns cultivos anuais. Dentre as diversas vantagens dessa estratégia destacam-se: redução do custo de

estabelecimento da pastagem; o melhor preparo de solo exigido para lavoura; redução da brotação da vegetação nativa; e, pastagens estabelecidas em solos com fertilidade já corrigida para lavoura são mais produtivas.

Referências

BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings.** p. 130-136.

MACEDO, M. C. M. Pastagem no ecossistema cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22.; SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NO ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1995, Brasília, DF. **Anais.** Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo.** Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991. 343 p.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 16 p. (EMBRAPA-CPAC, Circular Técnica, 37).

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens.** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1984. 49 p. (Instituto de Zootecnia. Boletim Técnico, 18).



Anexos

Anexo 1. Classes de solos.

Correspondência entre as classes de solos definidas com base na antiga e na atual classificação brasileira de solos.

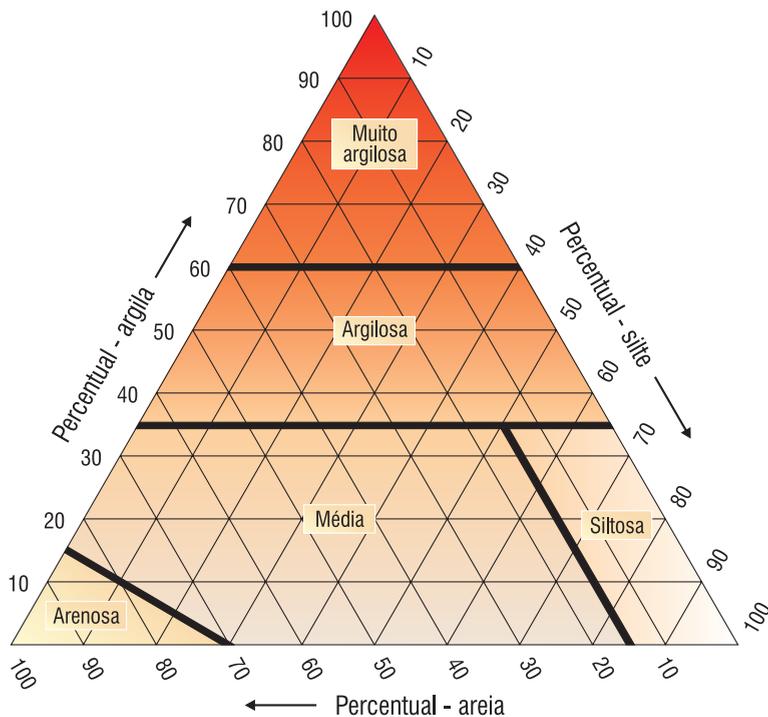
| Classes de Solos | |
|---------------------------------|---|
| Antiga | Atual |
| Latossolo Roxo (LR) | LATOSSOLO VERMELHO (LV) |
| Latossolo Vermelho Escuro (LE) | LATOSSOLO VERMELHO (LV) |
| Latossolo Vermelho Amarelo (LV) | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) |
| Latossolo Una (LU) | LATOSSOLO AMARELO (LA) |
| Latossolo Amarelo (LA) | LATOSSOLO AMARELO (LA) |
| Areia Quartzosa (AQ) | NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ) |
| Podzólico Vermelho Escuro (PE) | ARGISSOLO VERMELHO (PV) |
| Podzólico Vermelho Amarelo (PV) | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA) |
| Terra Roxa Estruturada (TR) | NITOSSOLO VERMELHO (NV) |
| Plintossolo (PT) | PLINTOSSOLO ARGILÚVICO (FT) PLINTOSSOLO HÁPLICO (FX) |
| Plintossolo Pétrico (PP) | PLINTOSSOLO PÉTRICO (FF) |
| Hidromórfico Cinzento (HC) | GLEISSOLO HÁPLICO (GX) GLEISSOLO MELÂNICO (GM) |
| Glei Húmico (HGH) | GLEISSOLO MELÂNICO (GM) |
| Glei Pouco Húmico (HGP) | GLEISSOLO HÁPLICO (GX) |
| Aluvial (A) | NEOSSOLO FLÚVICO (RU) |
| Orgânico (O) | ORGANOSSOLO MÉSICO OU HÁPLICO (OY) |

Fonte: CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Separata de: **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-13, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

Anexo 2. Classes de textura.

Guia para grupamento de classes de textura.



Fonte: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento:** normas em uso pelo SNLSC. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 11).

Anexo 3. Unidades de medidas.

Medidas de massa (peso)

- 1 tonelada métrica (t) = 1.000 kg
- 1 quilograma (kg) = 1.000 gramas (g)
- 1 decagrama (dag) = 10 g
- 1 decigrama (dg) = 0,1 g
- 1 centigrama (cg) = 0,01 g
- 1 miligrama (mg) = 0,001 g
- 1 micrograma (μg) = 0,000001 g
- 1 kg = 1.000 g = 1.000.000 mg = 1.000.000.000 μg
- 1 kg = 10^3 g = 10^6 mg = 10^9 μg
- 1 arroba métrica = 15 kg

Medidas de comprimento

- 1 quilômetro (km) = 1.000 metros (m)
- 1 decímetro (dm) = 0,1 m
- 1 centímetro (cm) = 0,01 m
- 1 milímetro (mm) = 0,001 m
- 1 m = 10 dm = 100 cm = 1.000 mm

Medidas de superfície

- 1 quilômetro quadrado (km^2) = 100 ha
- 1 hectare (ha) = 10.000 metros quadrados (m^2)
- 1 are (a) = 100 m^2
- 1 decímetro quadrado (dm^2) = 0,01 m^2
- 1 centímetro quadrado (cm^2) = 0,0001 m^2
- 1 milímetro quadrado (mm^2) = 0,000001 m^2
- 1 m^2 = 100 dm^2 = 10.000 cm^2 = 1.000.000 mm^2
- 1 alqueire paulista = 2,42 ha
- 1 alqueire mineiro = 4,84 ha

Medidas de volume e de capacidade para líquidos e secos

1 decímetro cúbico (dm^3) = 0,001 metro cúbico (m^3)

1 centímetro cúbico (cm^3) = 0,000001 m^3

1 milímetro cúbico (mm^3) = 0,000000001 m^3

1 hectolitro (hL) = 100 litros (L)

1 decilitro (dL) = 0,1 L

1 centilitro (cL) = 0,01 L

1 mililitro (mL) = 0,001 L

1 L = 10 dL = 100 cL = 1.000 mL = 1 dm^3 = 1.000 cm^3

Anexo 4. Conversão de unidades.

Conversão de unidades de interesse para a fertilidade do solo para o Sistema Internacional de Unidades (SI).

| Medida | Unidade tradicional (A) | Nova unidade (SI) | | Fator de conversão |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| | | Preferida (B) ⁽¹⁾ | Aceita (C) ⁽²⁾ | f |
| Análise de solo | | | | |
| Matéria orgânica e textura | % | g/dm ³ , g/kg, g/L | - | 10 |
| P, K, S e micronutrientes | ppm | mg/dm ³ , mg/kg, mg/L | - | 1 |
| Ca, Mg, Al, Valor S, T, CTC | meq/100 cm ³ | mmol _c /dm ³ | cmol _c /dm ³ | 10 |
| | meq/100 ml | mmol _c /dm ³ | cmol _c /dm ³ | 10 |
| | meq/100 g | mmol _c /kg | cmol _c /kg | 10 |
| V e m | % | % | - | |
| Análise de planta | | | | |
| Macronutrientes | % | g/kg | - | 10 |
| Micronutrientes | ppm | mg/kg | - | 1 |
| | ppb | µg/kg | - | 1 |
| Corretivos e fertilizantes | | | | |
| Fósforo | kg de P ₂ O ₅ | kg de P | - | 0,437 |
| Potássio | kg de K ₂ O | kg de K | - | 0,830 |
| Cálcio | kg de CaO | kg de Ca | - | 0,715 |
| Magnésio | kg de MgO | kg de Mg | - | 0,602 |
| Solução nutritiva | | | | |
| Macronutrientes | meq/L | mmol _c /L | - | 1 |
| Micronutrientes | ppm | mg/L | - | 1 |

⁽¹⁾ Para transformar um valor expresso na unidade tradicional (A) para a unidade preferida (B) multiplica-se esse valor pelo fator de conversão f correspondente ($A \times f = B$).

⁽²⁾ Para transformar um valor expresso na unidade tradicional (A) para a unidade aceita (C) multiplica-se esse valor pelo fator 1, ou seja, o valor numérico é o mesmo nas unidades (A) e (C).

Exemplos:

| Tradicional | Recomendada | Aceita |
|---|---|--|
| 3% matéria orgânica | 30 g/kg de matéria orgânica | |
| 6 ppm P | 6 mg/dm ³ de P | |
| 1,8 meq/100 ml de Ca | 18 mmol _c /dm ³ de Ca | 1,8 cmol _c /dm ³ de Ca |
| 2,2 % N | 22 g/kg de N | |
| 2 ppm Zn | 2 mg/kg de Zn | |
| 100 kg de P ₂ O ₅ | 43,7 kg de P | |
| 30 kg de MgO | 18,06 kg de Mg | |

Anexo 5.**Cálculos com os resultados das análises químicas de solo.****Soma de bases – S**

$$S \text{ (cmol/dm}^3\text{)} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$$

onde:

Ca^{2+} e $\text{Mg}^{2+} \Rightarrow$ extração com KCl 1 mol/L

$\text{K}^+ \Rightarrow$ extração com solução de Mehlich-1

Capacidade de troca de cátions a pH 7 – CTC

$$\text{CTC (cmol/dm}^3\text{)} = \text{S} + \text{H} + \text{Al}$$

onde:

$\text{H} + \text{Al} \Rightarrow$ extração com acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7

Saturação por bases – V

$$V (\%) = \text{S} / \text{CTC} \times 100$$

Saturação por potássio

$$K (\%) = \text{K}^+ / \text{CTC} \times 100$$

Saturação por alumínio – m

$$m (\%) = (\text{Al}^{3+} / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+}) \times 100$$

onde:

Al^{3+} , Ca^{2+} , $\text{Mg}^{2+} \Rightarrow$ extração com KCl 1 mol/L

$\text{K}^+ \Rightarrow$ extração com solução de Mehlich-1

Anexo 6.

Interpretação dos resultados da análise química do solo para culturas anuais.

Tabela 1. Interpretação dos resultados da análise da matéria orgânica em amostras de solos do Cerrado da camada de 0 a 20 cm.

| Textura | Matéria orgânica | | | |
|----------------|------------------|-----------|-----------|-------|
| | Baixa | Média | Adequada | Alta |
| | ----- % ----- | | | |
| Arenosa | < 0,8 | 0,8 a 1,0 | 1,1 a 1,5 | > 1,5 |
| Média | < 1,6 | 1,6 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | > 3,0 |
| Argilosa | < 2,4 | 2,4 a 3,0 | 3,1 a 4,5 | > 4,5 |
| Muito argilosa | < 2,8 | 2,8 a 3,5 | 3,6 a 5,2 | > 5,2 |

Obs.: caso na análise de solo o valor esteja expresso em carbono (C), basta multiplicar esse valor por 1,724 para se obter o valor em matéria orgânica.

Tabela 2. Interpretação dos resultados da determinação da CTC a pH 7 em amostras de solos do Cerrado da camada de 0 a 20 cm.

| Textura | CTC a pH 7 | | | |
|----------------|--|------------|-------------|--------|
| | Baixa | Média | Adequada | Alta |
| | ----- cmol _c /dm ³ ----- | | | |
| Arenosa | < 3,2 | 3,2 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |
| Média | < 4,8 | 4,8 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | > 9,0 |
| Argilosa | < 7,2 | 7,2 a 9,0 | 9,1 a 13,5 | > 13,5 |
| Muito argilosa | < 9,6 | 9,6 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | > 18,0 |

Tabela 3. Interpretação dos resultados da análise de Ca e Mg em amostras de solos do Cerrado da camada de 0 a 20 cm.

| Interpretação | Ca | Mg |
|---------------|--|-----------|
| | ----- cmol _c /dm ³ ----- | |
| Baixo | < 1,5 | < 0,5 |
| Adequado | 1,5 a 7,0 | 0,5 a 2,0 |
| Alto | > 7,0 | > 2,0 |

Obs.: As relações Ca:Mg devem estar no intervalo de 1:1 a um máximo de 10:1, respeitando-se sempre o teor mínimo de 0,5 cmol_c/dm³ para o Mg.

As relações Ca:Mg podem ser interpretadas como estreita (< 2), adequada (2 a 10) e alta (> 10), respeitando-se sempre o teor mínimo de 0,5 cmol_c/dm³ para o Mg.

Tabela 4. Interpretação dos resultados da análise de Ca em amostras de solos de Cerrados das camadas abaixo de 20 cm.

| Interpretação | Ca |
|---------------|------------------------------------|
| | cmol _c /dm ³ |
| Muito baixo | < 0,1 |
| Baixo | 0,1 a 0,5 |
| Adequado | > 0,5 |

Tabela 5. Interpretação dos resultados da determinação da saturação por alumínio em solos do Cerrado amostrados de 0 a 20 cm ou em camadas mais profundas.

| Interpretação | Saturação por alumínio |
|---------------|------------------------|
| | % |
| Baixa | < 20 |
| Alta | 20 a 60 |
| Muita alta | > 60 |

Tabela 6. Interpretação da análise de solo da camada de 0 a 20 cm, para P extraído pelo extrator Mehlich 1, de acordo com o teor de argila, para sistemas de sequeiro em solos do Cerrado.

| Teor de argila | Teor de P no solo | | | | |
|----------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| | muito baixo | baixo | médio | adequado | alto |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 6,0 | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | > 25,0 |
| 16 a 35 | 0 a 5,0 | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | > 20,0 |
| 36 a 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | > 12,0 |
| > 60 | 0 a 2,0 | 2,1 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | > 6,0 |

Tabela 7. Interpretação da análise de solo da camada de 0 a 20 cm, para P extraído pelo extrator Mehlich 1, de acordo com o teor de argila para sistemas irrigados em solo do Cerrado.

| Teor de argila | Teor de P no solo | | | | |
|----------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | muito baixo | baixo | médio | adequado | alto |
| % | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| ≤ 15 | 0 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | 18,1 a 25,0 | 25,1 a 40,0 | > 40,0 |
| 16 a 35 | 0 a 10,0 | 10,1 a 15,0 | 15,1 a 20,0 | 20,1 a 30,0 | > 30,0 |
| 36 a 60 | 0 a 5,0 | 5,1 a 8,0 | 8,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | > 18,0 |
| > 60 | 0 a 3,0 | 3,1 a 4,0 | 4,1 a 6,0 | 6,1 a 9,0 | > 9,0 |

Tabela 8. Interpretação da análise de solo da camada de 0 a 20 cm, para P extraído pela resina trocadora de íons para sistemas agrícolas de sequeiro e irrigado em solos do Cerrado.

| Sistema agrícola | Teor de P no solo | | | | |
|------------------|--------------------------------|--------|---------|----------|------|
| | muito baixo | baixo | médio | adequado | alto |
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | | |
| Sequeiro | 0 a 5 | 6 a 8 | 9 a 14 | 15 a 20 | > 20 |
| Irrigado | 0 a 8 | 9 a 14 | 15 a 20 | 21 a 35 | > 35 |

Tabela 9. Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 a 20 cm, para pH H_2O , pH $CaCl_2$ e saturação por bases.

| Interpretação | pH H_2O | pH $CaCl_2$ | Saturação por bases |
|----------------|-----------|-------------|---------------------|
| | | | % |
| Baixo (a) | ≤ 5,1 | ≤ 4,4 | ≤ 20 |
| Médio (a) | 5,2 a 5,5 | 4,5 a 4,8 | 21 a 35 |
| Adequado (a) | 5,6 a 6,3 | 4,9 a 5,5 | 36 a 60 |
| Alto (a) | 6,4 a 6,6 | 5,6 a 5,8 | 61 a 70 |
| Muito alto (a) | ≥ 6,7 | ≥ 5,9 | ≥ 71 |

Tabela 10. Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 a 20 cm, a pH H_2O 6,0 para B, Cu, Mn e Zn.

| Interpretação | B ⁽¹⁾ | Cu ⁽²⁾ | Mn ⁽²⁾ | Zn ⁽²⁾ |
|---------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | ----- mg/dm ³ ----- | | | |
| Baixo | < 0,2 | < 0,4 | < 1,9 | < 1,0 |
| Médio | 0,3 a 0,5 | 0,5 a 0,8 | 2,0 a 5,0 | 1,1 a 1,6 |
| Alto | > 0,5 | > 0,8 | > 5,0 | > 1,6 |

⁽¹⁾ Extraído com água quente.⁽²⁾ Extraído com extrator Mehlich 1.**Tabela 11.** Interpretação da análise de enxofre em solos do Cerrado, considerando-se a média aritmética dos teores nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

| Interpretação | S ⁽¹⁾ |
|---------------|--------------------|
| | mg/dm ³ |
| Baixo | ≤ 4 |
| Médio | 5 a 9 |
| Alto | ≥ 10 |

⁽¹⁾ Extraído com $Ca(H_2PO_4)_2$ 0,01 mol/L em água (relação solo:solução extratora de 1:2,5). S = (teor na camada de 0 a 20 + teor na camada de 20 a 40 cm)/2.

Tabela 12. Interpretação da análise de solo do Cerrado, da camada de 0 a 20 cm, para K extraído pelo extrator de Mehlich 1.

| Interpretação | Teor de K no solo |
|--|--------------------|
| | mg/dm ³ |
| Solos com CTC a pH 7 menor que 4 cmol _c /dm ³ | |
| Baixo | ≤ 15 |
| Médio | 16 a 30 |
| Adequado | 31 a 40 |
| Alto | > 40 |
| Solos com CTC a pH 7 igual ou maior que 4 cmol _c /dm ³ | |
| Baixo | ≤ 25 |
| Médio | 26 a 50 |
| Adequado | 51 a 80 |
| Alto | > 80 |

Obs.: para expressar o teor de potássio em cmol_c/dm³ basta multiplicar o valor em mg/dm³ por 0,00256.

Tabela 13. Interpretação da análise de solo do Cerrado da camada de 0 a 20 cm, para K extraído pelo extrator de Mehlich 1, em função da saturação na CTC a pH 7.

| Interpretação | Saturação por K na CTC a pH 7 |
|---------------|-------------------------------|
| | % |
| Baixa | < 1 |
| Média | 1 a 2 |
| Adequada | 2 a 3 |
| Alta | > 3 |

Tabela 14. Interpretação da análise de solo do Cerrado em função das relações entre o Ca, Mg e K.

| Interpretação | Ca+Mg/K | Ca/K | Mg/K |
|---------------|---------|---------|--------|
| Baixa | < 10 | < 7 | < 2 |
| Média | 10 a 19 | 7 a 14 | 2 a 4 |
| Adequada | 20 a 30 | 15 a 25 | 5 a 15 |
| Alta | > 30 | > 25 | > 15 |

Obs.: Respeitar os teores mínimos de 1,5 cmol_c/dm³ para o Ca; 0,5 cmol_c/dm³ para o Mg e de 0,10 cmol_c/dm³ para o K.

Tabela 15. Relações mais freqüentes entre alguns parâmetros analíticos de solos do Cerrado, úteis para avaliação da coerência dos resultados de análise de solo.

| Argila | Matéria orgânica | CTC a pH 7 |
|-------------|------------------|------------------------------------|
| ----- % | ----- | cmol _c /dm ³ |
| 10,0 a 15,0 | 0,8 a 1,5 | 3 a 6 |
| 15,1 a 35,0 | 1,2 a 3,0 | 5 a 9 |
| 35,1 a 45,0 | 2,4 a 4,5 | 7 a 13 |
| 45,1 a 70,0 | 3,0 a 5,0 | 9 a 18 |

Tabela 16. Relação entre alguns parâmetros analíticos de solos do Cerrado, úteis para avaliação da coerência dos resultados de análise de solo.

| Sat. por base | Sat. por alumínio | pH H ₂ O | pH CaCl ₂ |
|---------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| ----- % | ----- | | |
| < 15 | > 40 | < 5,0 | < 4,3 |
| 16 a 30 | 15 a 40 | 5,0 a 5,4 | 4,3 a 4,7 |
| 31 a 45 | 0 a 15 | 5,4 a 5,8 | 4,7 a 5,0 |
| 46 a 60 | 0 | 5,9 a 6,3 | 5,1 a 5,5 |
| 61 a 75 | 0 | 6,4 a 6,8 | 5,6 a 6,0 |

Tabela 17. Relação entre interpretação da análise de solo para fósforo extraível com a produtividade de algumas culturas anuais¹ que podem ser utilizadas como auxílio para avaliação dos resultados de análise de solo.

| Interpretação da análise de P extraível | Produtividade correspondente | | |
|---|------------------------------|----------------|---------|
| | Milho | Soja ou feijão | Algodão |
| | -----t/ha----- | | |
| Muito baixo ou baixo | < 2 | < 1 | < 1 |
| Médio | 2 a 6 | 1 a 3 | 1 a 3 |
| Adequado | 6 a 8 | 3 a 4 | 3 a 5 |
| Alto | > 8 | > 4 | > 5 |

¹ Pressupõe-se que não tenha ocorrido falta de outros nutrientes e de água e que a cultura não tenha sido prejudicada por doenças, pragas ou ervas-daninhas.

Anexo 7.**Elementos químicos de interesse para a agricultura.**

| Elemento | Símbolo | Massa atômica | Elemento | Símbolo | Massa atômica |
|----------|---------|---------------|------------|---------|---------------|
| Alumínio | Al | 26,982 | Hidrogênio | H | 1,008 |
| Berílio | Be | 9,012 | Iodo | I | 126,904 |
| Boro | B | 10,811 | Lantânio | La | 138,91 |
| Bromo | Br | 79,909 | Lítio | Li | 6,939 |
| Cádmio | Cd | 112,40 | Magnésio | Mg | 24,312 |
| Cálcio | Ca | 40,080 | Manganês | Mn | 54,938 |
| Carbono | C | 12,011 | Mercurio | Hg | 200,59 |
| Cério | Ce | 140,12 | Molibdênio | Mo | 95,940 |
| Chumbo | Pb | 207,190 | Níquel | Ni | 58,710 |
| Cloro | Cl | 35,453 | Nitrogênio | N | 14,007 |
| Cobalto | Co | 58,933 | Oxigênio | O | 15,999 |
| Cobre | Cu | 63,540 | Potássio | K | 39,102 |
| Cromo | Cr | 51,996 | Selênio | Se | 78,960 |
| Enxofre | S | 32,064 | Silício | Si | 28,086 |
| Ferro | Fe | 55,847 | Sódio | Na | 22,990 |
| Flúor | F | 18,998 | Vanádio | V | 50,942 |
| Fósforo | P | 30,974 | Zinco | Zn | 65,370 |
| Germânio | Ge | 72,59 | | | |

Anexo 8.

Quantidade de nutrientes imobilizada na planta inteira e contida em grãos ou frutos, por tonelada de produto colhido, para algumas culturas.

| Cultura | Planta inteira | | | Parte colhida - grãos | | | | |
|----------------------|---------------------------|--------|---------|-----------------------|---------|-------|---------|-----------|
| | N | P | K | S | N | P | K | S |
| | ----- kg/t de grãos ----- | | | | | | | |
| Algodão (caroço) | 50 a 70 | 6 a 10 | 40 a 50 | 4 a 8 | 22 a 25 | 3 a 4 | 15 a 18 | 3 a 6 |
| Amendoim (com casca) | 87 a 107 | 8 a 10 | 48 a 56 | 8 | 52 a 67 | 3 a 5 | 24 a 46 | 3 a 5 |
| Arroz | 22 a 27 | 4 a 5 | 25 a 30 | 2 a 3 | 12 a 15 | 2 a 3 | 3 a 4 | 0,7 a 1,5 |
| Aveia | 27 | 4 | 24 | 2,3 | 20 | 3 | 7 | 1 |
| Cevada | 25 | 4 | 24 | 2 | 20 | 3 | 7 | 1 |
| Feijão | 80 a 100 | 9 | 60 a 94 | 15 a 25 | 37 a 40 | 4 | 19 a 22 | 10 |
| Girassol | 37 | 11 | 60 | - | 19 | 7 | 20 | - |
| Mamona (frutos) | - | - | - | - | 37 | 4 | 7,5 | - |
| Milho | 25 a 35 | 5 a 7 | 18 a 35 | 2,5 a 4,0 | 17 a 23 | 4 a 6 | 4 a 7 | 1 a 2 |
| Soja | 80 a 100 | 8 a 13 | 34 a 38 | 6 a 8 | 55 a 65 | 5 a 8 | 17 a 19 | 2 a 3 |
| Sorgo | 25 a 30 | 4 a 6 | 20 a 23 | 3 | 17 | 2 a 4 | 3 a 5 | 1 a 2 |
| Trigo | 35 a 40 | 6 a 7 | 24 a 30 | 3 a 5 | 25 | 4 a 5 | 4 a 5 | 1 a 2 |
| Triticale | 25 | 4 | 24 | 2,1 | 21 | 3 | 6 | 1 |

Fonte: MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba: Franciscana, 1979. 91 p. (Instituto da Potassa-Fosfato. Boletim Técnico, 4). Dados adaptados.
 RAUJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100). Dados adaptados.

Anexo 9.

Consumo de micronutrientes para a colheita de uma tonelada de algumas culturas.

| Cultura | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|------------------------|---------------|-----|------|-----|------|-----|
| | ----- g ----- | | | | | |
| Algodão | 118 | 42 | 1209 | 92 | 1,0 | 43 |
| Arroz | 18 | 3 | 263 | 99 | 0,26 | 73 |
| Café ⁽¹⁾ | 25 | 15 | 80 | 20 | 0,25 | 40 |
| Ervilha | 170 | 44 | 250 | 250 | 5 | 450 |
| Feijão | 180 | 20 | 1200 | 160 | 8 | 80 |
| Laranja ⁽¹⁾ | 2,2 | 1,2 | 6,6 | 2,8 | 0,01 | 0,9 |
| Mandioca | 14 | 2 | 67 | 34 | - | 8 |
| Milho | 13 | 29 | 292 | 119 | 0,63 | 85 |
| Soja | 33 | 33 | 566 | 200 | 3 | 67 |
| Sorgo | 100 | 73 | 1893 | 340 | 2,67 | 162 |
| Trigo | 100 | - | 330 | 153 | - | 67 |

⁽¹⁾ Frutos.

Fonte: Feijão: MALAVOLTA, E.; BOARETO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes: uma visão geral.

In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba:

Potafos: CNPq, 1991. p. 1-33. Edição de Anais do 1º Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura, 1988, Jaboticabal, SP.

MALAVOLTA, E. Micronutrientes na adubação. Paulínia: Nutriplant, 1986. 70 p.

Anexo 10. Sintomas comuns de toxidez de alguns elementos nutritivos nas plantas.

| Elementos | Sintomas |
|-----------|---|
| Fósforo | Redução no crescimento das plantas que pode ser causada por um desbalanço nutricional devido ao retardamento da absorção e translocação de Zn, Fe e Cu, provocado por excesso de P |
| Ferro | Pode ocorrer nas áreas alagadas em cultivo de arroz. As folhas são inicialmente cobertas por pequenas manchas marrons que depois se transformam numa placa de coloração marrom uniforme. A toxidez de ferro pode estar associada com a deficiência de K |
| Manganês | Manchas marrons, particularmente, nas folhas mais velhas e distribuição irregular da clorofila, além de induzir à deficiência de auxina e Fe |
| Zinco | Redução do crescimento das raízes e expansão das folhas, com posterior surgimento de cloroses. Na soja, pode ser observado o surgimento de um pigmento vermelho-amarronzado em toda a planta. Dificuldade na absorção de P e Fe pelas plantas |
| Cobre | Inibição do crescimento radicular e cloroses |
| Boro | Amarelecimento das pontas e margens das folhas, seguido por necrose progressiva. As folhas aparentemente queimadas têm queda precoce |
| Cloro | As pontas e as margens das folhas ficam queimadas. Amarelecem e caem prematuramente |
| Alumínio | Restrição drástica do sistema radicular, principalmente, as raízes axiais e, conseqüente, redução da produção |

Fonte: SOUZA, P. I. de M. de; CARVALHO, L. J. C. B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. [Planaltina, DF]: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 75-98.

Anexo 11. Sintomas comuns de deficiência de nutrientes nas plantas.

Sintomas observados inicialmente em órgãos mais velhos ou folhas inferiores. Efeitos localizados ou generalizados

| Elementos | Sintomas |
|------------|--|
| Nitrogênio | Plantas raquíticas com coloração de verde-claro a amarela. Folhas inferiores com cloroses uniformes e com freqüente queda prematura. Nos cereais, ocorrem afilhamento, decréscimo no número de espigas por área e reduzido número de grãos por espiga |
| Potássio | Folhas manchadas ou cloróticas, com grandes ou pequenas manchas necrosadas. Em geral, essas manchas de tecido morto começam nas margens e pontas das folhas e entre elas. As hastes e colmos ficam finos e fracos |
| Fósforo | Planta de coloração verde e acinzentada, observa-se também as colorações vermelha e purpúrea. O crescimento é reduzido e os colmos e hastes são curtos e fracos |
| Magnésio | Manchas ou cloroses internervais das folhas, com ou sem manchas necrosadas. As pontas e margens das folhas tendem a virar para cima em forma de cálice |
| Zinco | Manchas ou cloroses generalizadas das folhas de rápido alongamento, eventualmente envolvem nervuras secundárias e até primárias, mas geralmente ocorrem como cloroses nas áreas internervais da folha. Essas áreas têm coloração verde-pálido, amarela ou mesmo branca. Nas monocotiledôneas, como o milho, ocorrem listas cloróticas em ambos os lados das folhas. As folhas são grossas e os internódios, encurtados |
| Molibdênio | Clorose internerval e enrolamento da lâmina das folhas para cima e para baixo. Folhas freqüentemente pequenas e cobertas com manchas necrosadas. Limbo foliar de amarelado a amarelo-verde. Esses sintomas aparecem, normalmente, nas folhas médias ou mais velhas. A formação de flores pode ser reduzida. Murchamento é um sintoma característico. Observa-se clorose ou bronzeamento de lâmina |

Fonte: SOUZA, P. I. de M. de; CARVALHO, L. J. C. B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 75-98.

Sintomas localizados observados inicialmente nos órgãos mais novos

| Elementos | Sintomas |
|-----------|---|
| Cálcio | Clorose internerval nas folhas e morte das gemas apicais. Deformações nas pontas e nas bases das folhas. Estádios avançados caracterizados por necrose nas margens e na ponta das folhas. Crescimento tardio evidencia deformações na folha por perda de partes. O colmo morre junto à gema apical |
| Enxofre | Folhas jovens com nervura e tecido entre nervuras com coloração verde-clara passando para clorose uniforme da lâmina. Crescimento de planta reduzido. No campo, os sintomas da deficiência de enxofre e do nitrogênio são muito semelhantes. Nesse caso, a análise foliar é indispensável |
| Cobre | As folhas são estreitas e enroladas para cima. Murcha ou clorose nas folhas mais jovens, com ou sem manchas de tecido morto. Folhas com nervuras claras ou verde-acinzentadas. Em caso extremo de deficiência, não há formação de espigas ou panículas. Ramos ou colmos na parte superior freqüentemente não conseguem permanecer retos nos estádios mais avançados |
| Boro | Crescimento tardio das gemas apicais. As folhas jovens tornam-se verde-claras na base, resultando na quebra nesse lugar; as folhas se enrolam. Distúrbios na germinação do pólen, especialmente no trigo e no milho |
| Ferro | Clorose internerval e reticulado fino das nervuras das folhas. As nervuras principais apresentam um típico vermelho-acinzentado, contrastando com o verde-claro ou amarelo do restante da folha. Colmos curtos e frágeis |
| Manganês | Clorose internerval nas folhas jovens. Nas dicotiledôneas, aparecem pequenas manchas amarelas. Em estado avançado, somente as nervuras permanecem verdes. Já nas monocotiledôneas, na parte basal das folhas, surgem manchas e listas esverdeadas |

Fonte: SOUZA, P. I. de M. de; CARVALHO, L. J. C. B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. [Planaltina, DF]: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 75-98.

Anexo 12. Corretivos de acidez do solo e as novas unidades.

Características mínimas dos principais corretivos de acidez

| Material | Poder de Neutralização E_{CaCO_3} | Soma dos óxidos CaO + MgO |
|-----------------------------|--|------------------------------|
| | ----- % ----- | |
| Calcários | 67 | 38 |
| Cal virgem agrícola | 125 | 68 |
| Cal hidratada agrícola | 94 | 50 |
| Escórias | 60 | 30 |
| Calcário calcinado agrícola | 80 | 43 |
| Outros | 67 | 38 |

A qualidade dos corretivos de acidez do solo é determinada em função da granulometria e teor de neutralizantes do material. Com base na granulometria, determina-se a reatividade (RE) ou velocidade de reação do corretivo no solo. A avaliação do teor de neutralizantes é feita determinando-se o poder de neutralização (PN), expresso em equivalente de carbonato de cálcio (E_{CaCO_3}). A partir da RE e do PN, calcula-se o poder relativo de neutralização total (PRNT) do corretivo pela fórmula:

$$PRNT = PN \times RE/100$$

Para os calcários, a legislação estabelece como valores mínimos 67% para o PN e 45% para o PRNT.

Os calcários podem ser classificados quanto ao teor de MgO em:

- a) calcíticos – menos que 5%.
- b) magnesianos – de 5% a 12%.
- c) dolomíticos – acima de 12%.

De posse do teor de CaO e MgO do calcário e da quantidade deste que será aplicada por hectare, é possível calcular quanto desses nutrientes (Ca e Mg) será adicionado no solo após sua dissolução. Para isso, basta multiplicar o teor de CaO do calcário por 0,018 e pela dosagem a ser aplicada e o MgO por 0,025 e pela dosagem do corretivo. Caso queira calcular a relação Ca:Mg no solo, somar os valores calculados aos teores destes presentes no solo.

Novas unidades

Foram propostas, para os corretivos de acidez, novas unidades utilizadas no Sistema Internacional de Unidades.

Assim, o teor de Ca, Mg e o peso das frações granulométricas são expressos em g/kg, e os valores do PN e do poder de neutralização efetivo (PNE) são expressos em mol_c/kg. A RE é a soma das frações granulométricas dividida por 1000. O PNE é o resultado da multiplicação do PN por RE.

Como o produto de referência é o CaCO₃, o PNE deste é 20 mol_c/kg, e o fator de correção para recomendação da dose de calcário a ser aplicada no solo será:

$$f = \frac{20 \text{ mol}_c / \text{kg}}{\text{PNE do corretivo}}$$

Na tabela abaixo, apresenta-se um exemplo dos resultados da análise de um calcário no sistema atual e no novo sistema.

| Parâmetro | Sistema atual | Sistema novo |
|---|-----------------------------------|---|
| Cálcio | CaO = 25,2% | Ca = 180 g/kg |
| Magnésio | MgO = 19,9% | Mg = 120 g/kg |
| Fração entre peneiras 10 e 20 | 10% x 0,2 = 2% (A) | 100 g/kg x 0,2 = 20 (A) |
| Fração entre peneiras 20 e 50 | 25% x 0,6 = 15% (B) | 250 g/kg x 0,6 = 150 (B) |
| Fração que passa na peneira 50 | 65% x 1,0 = 65% (C) | 650 g/kg x 1,0 = 650 (C) |
| Reatividade | RE = A+B+C = 82% | RE = A+B+C/1000 = 0,82 |
| Poder de Neutralização | PN = 90% | PN = 18 mol _c /kg |
| Poder de Neutralização efetiva | PRNT = 73,8% | PNE = 14,76 mol _c /kg |
| Fator de correção da recomendação do calcário | $f = \frac{100\%}{73,8\%} = 1,36$ | $f = \frac{20 \text{ mol}_c / \text{kg}}{14,76 \text{ mol}_c / \text{kg}} = 1,36$ |

Anexo 13.

Principais fertilizantes nitrogenados.

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|--|-----------------|---|--|
| Amônia anidra | 82% de N | O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amoniacal | |
| Nitrato de sódio | 15% de N | O nitrogênio deverá estar na forma nítrica | O teor de perclorato não poderá ser maior que 1% expresso em perclorato de sódio |
| Ureia | 44% de N | O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amídica | O teor de biureto não pode ser maior que 1,5% para aplicação direta no solo e 0,3% para aplicação foliar |
| Nitrato de amônio | 32% de N | O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica | |
| Nitrato de amônio e cálcio (Nitrocálcio) | 20% de N | O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica | 2% a 8% de cálcio (Ca) 1% a 5% de magnésio (Mg) |
| Sulfato de amônio | 20% de N | O nitrogênio deverá estar na forma amoniacal | O teor de tiocianato não poderá exceder a 1%, expresso em tiocianato de amônio 22% a 24% de enxofre (S) |
| Cloreto de amônio | 25% de N | o nitrogênio deverá estar na forma amoniacal | 62% a 66% de cloro (Cl) |
| Nitrato de cálcio | 14% de N | Nitrogênio na forma nítrica, podendo ter até 1,5% na forma amoniacal | 18% a 19% de cálcio (Ca) 0,5% a 1,5% de magnésio (Mg) |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Legislação:** inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 14. Principais fertilizantes fosfatados.

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|---------------------------|---|--|--|
| Fosfato diamônico (DAP) | 16% de N 45% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em $CNA + H_2O$ e mínimo de 38% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal | |
| Fosfato monoamônico (MAP) | 9% de N 48% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em $CNA + H_2O$ e mínimo de 44% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal | |
| Fosfato natural | 24% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 total e mínimo de 4% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100 | 23% a 27% de cálcio (Ca) |
| Hiperfosfato | 30% de P_2O_5 (pó) 28% de P_2O_5 (granulado) | Fósforo determinado como P_2O_5 total e mínimo de 12% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100 | 30% a 34% de cálcio (Ca) |
| Superfosfato simples | 18% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água e mínimo de 16% em água | 18% a 20% de cálcio (Ca) 10% a 12% de enxofre (S) |
| Superfosfato triplo | 41% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em $CNA + H_2O$ e mínimo de 37% solúvel em água | 12% a 14% de cálcio |

Continua...

Principais fertilizantes fosfatados (continuação).

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|--|-----------------------------|---|--|
| Fosfato natural parcialmente acidulado | 20% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 total, mínimo de 9% solúvel em citrato neutro de amônio mais água, ou 11% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100 e mínimo de 5% solúvel em água | 25% a 27% de cálcio (Ca) 0 a 6% de enxofre (S) e 0 a 2% de magnésio (Mg) |
| Termofosfato magnésiano | 17% de P_2O_5 7% de Mg | Fósforo determinado como P_2O_5 total e mínimo de 14% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100 | 18% a 20% de cálcio (Ca). Apresenta também características de corretivo de acidez |
| Fosfato bicálcico | 38% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em $CNA + H_2O$ | 12% a 14% de cálcio (Ca) |
| Escória de Thomas | 12% de P_2O_5 | Fósforo determinado como P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100 | 20% a 29% de cálcio (Ca) 0,4 a 3% de magnésio (Mg) |
| Fosfato natural reativo | 28% de P_2O_5 (farelado) | Fósforo determinado como P_2O_5 total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100 | Mínimo de 30% de cálcio (Ca) |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 15. Principais fertilizantes potássicos.

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|--------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Cloreto de potássio | 58% de K_2O | K_2O solúvel em água | 45% a 48% de cloro (Cl) |
| Sulfato de potássio | 48% de K_2O | K_2O solúvel em água | 15% a 17% de enxofre (S) 0 a 1,2% de magnésio (Mg) |
| Sulfato de potássio e magnésio | 18% de K_2O 4,5% de Mg | K_2O e Mg solúveis em água | 22% a 24% de enxofre (S) 1% a 2,5% de cloro (Cl) |
| Nitrato de potássio | 44% de K_2O 13% de N | K_2O solúvel em água e nitrogênio na forma nítrica | |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 16.

Principais fertilizantes contendo macronutrientes secundários (enxofre, magnésio e cálcio).

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|------------------------------------|-----------------------|---|---|
| Sulfato de cálcio (gesso agrícola) | 16% de Ca 13% de S | Cálcio e enxofre determinados na forma elementar | Apresenta também características de corretivo de acidez e de neutralização de toxidez de alumínio |
| Cloreto de cálcio | 24% de Ca | Cálcio solúvel em água na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | |
| Sulfato de magnésio | 9% de Mg | Magnésio solúvel em água ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) | 12% a 14% de enxofre (S) |
| Óxido de magnésio (magnésia) | 55% de Mg | Magnésio total como óxido (MgO) | |
| Carbonato de magnésio (magnesita) | 27% de Mg | Magnésio total como carbonato (MgCO_3) | |
| Enxofre | 99% de S | Determinado como enxofre total | |
| Nitrato de magnésio | 8% de Mg | Magnésio solúvel em água na forma de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 11% de N |
| Cloreto de magnésio | 10% de Mg | Magnésio solúvel em água na forma de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 29% de cloro (Cl) |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 17. Principais fertilizantes contendo micronutrientes.

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|---|---|--|---|
| Silicatos de: cobre manganês ferro zinco molibdênio cobalto boro | 1% de Cu 2% de Mn 2% de Fe 3% de Zn 0,1% de Mo 0,1% de Co 1% de B | Cobre total Manganês total Ferro total Zinco total Molibdênio total Cobalto total Boro total | Deve conter no mínimo dois micronutrientes |
| Bórax | 11% de B | Boro na forma de borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ou $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) | |
| Ácido bórico | 17% de B | Boro na forma de ácido (H_3BO_3) | |
| Sulfato de cobre | 13% de Cu | Cobre solúvel em água na forma de sulfato | 16% a 18% de enxofre (S) |
| Quelatos de: cobre ferro manganês zinco | 5% de Cu 5% de Fe 5% de Mn 7% de Zn | Cu, Fe, Mn e Zn ligados ao E.D.T.A., H.E.D.T.A., poliflavonoides, lignossulfonatos | Cada quelato deverá conter apenas um micronutriente |
| Óxido cúprico | 75% de Cu | Cobre total na forma de óxido (CuO) | |
| Óxido cuproso | 89% de Cu | Cobre na forma de óxido (Cu_2O) | |
| Sulfato férrico | 23% de Fe | Ferro total na forma de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 18% a 20% de enxofre (S) |
| Sulfato ferroso | 19% de Fe | Ferro total na forma de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 10% a 11% de enxofre (S) |

Continua...

Principais fertilizantes contendo micronutrientes (cont.).

| Fertilizante | Garantia mínima | Características | Observação |
|---------------------|-----------------|--|---------------------------------|
| Sulfato manganoso | 26% de Mn | Manganês solúvel em água na forma de $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | 14% a 15% de enxofre (S) |
| Óxido manganoso | 41% de Mn | Manganês total na forma de óxido (MnO) | |
| Molibdato de amônio | 54% de Mo | Molibdênio solúvel em água na forma de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 5% a 7% de nitrogênio total (N) |
| Molibdato de sódio | 39% de Mo | Molibdênio solúvel em água na forma de $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | |
| Óxido de zinco | 50% de Zn | Zinco total na forma de óxido (ZnO) | |
| Sulfato de zinco | 20% de Zn | Zinco solúvel em água na forma de sulfato ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) | 16% a 18% de enxofre (S) |
| Cloreto de cobalto | 34% de Co | Cobalto solúvel em água na forma de $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | |
| Óxido de cobalto | 75% de Co | Cobalto total na forma de óxido (Co_2O) | |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 18. Especificações dos fertilizantes orgânicos simples.

| Orgânicos simples processados de | Umidade % máximo | Matéria orgânica % mínimo | pH mínimo | C/N máximo | N % mínimo | P ₂ O ₅ % mínimo |
|----------------------------------|------------------|---------------------------|-----------|------------|------------|--|
| Esterco bovino | 25 | 36 | 6,0 | 20/1 | 1,0 | - |
| Esterco de galinha | 25 | 50 | 6,0 | 20/1 | 1,5 | - |
| Bagaço de cana | 25 | 36 | 6,0 | 20/1 | 1,0 | - |
| Palha de arroz | 25 | 36 | 6,0 | 20/1 | 1,0 | - |
| Palha de café | 25 | 46 | 6,0 | 20/1 | 1,3 | - |
| Borra de café | 25 | 60 | 6,0 | 20/1 | 1,8 | - |
| Torta de algodão | 15 | 70 | - | - | 5,0 | - |
| Torta de amendoim | 15 | 70 | - | - | 5,0 | - |
| Torta de mamona | 15 | 70 | - | - | 5,0 | - |
| Torta de soja | 15 | 70 | - | - | 5,0 | - |
| Farinha de osso | 15 | 6 | - | - | 1,5 | 20 (total) dos quais 80% solúvel em ácido cítrico 2% |
| Farinha de peixe | 15 | 50 | - | - | 4,0 | 6 (total) |
| Farinha de sangue | 10 | 70 | - | - | 10,0 | - |
| Turfa e linhita | 25 | 30 | 6,0 | 18/1 | 1,0 | - |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 19.

Especificações dos fertilizantes organomineral e “composto”.

| Garantia | Organomineral | “Composto” |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Matéria orgânica total | Mínimo de 15% | Mínimo de 40% |
| Nitrogênio total | Conforme declarado no registro | Mínimo de 1,0% |
| Umidade | Máximo de 20% | Máximo de 40% |
| Relação C/N | - | 18/1 |
| pH | Mínimo de 6,0 | Mínimo de 6,0 |
| P ₂ O ₅ | Conforme declarado no registro | - |
| K ₂ O | Conforme declarado no registro | - |
| Soma (NPK, NP, PK ou NK) | Mínimo de 6% | - |

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento: **Legislação**: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. [Brasília, 1998].

Anexo 20. Quantidade do adubo a aplicar no sulco de plantio, expressa em gramas por 10 metros lineares, em função do espaçamento.

| Dose kg/ha | Espaçamento em metros | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| | ----- gramas por 10 metros lineares ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 150 | 22,5 | 30 | 37,5 | 45 | 52,5 | 60 | 67,5 | 75 | 82,5 | 90 | 97,5 | 105 | 112,5 | 120 | 127,5 | 135 | 142,5 | 150 |
| 200 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| 250 | 37,5 | 50 | 62,5 | 75 | 87,5 | 100 | 112,5 | 125 | 137,5 | 150 | 162,5 | 175 | 187,5 | 200 | 212,5 | 225 | 237,5 | 250 |
| 300 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270 | 285 | 300 |
| 350 | 52,5 | 70 | 87,5 | 105 | 122,5 | 140 | 157,5 | 175 | 192,5 | 210 | 227,5 | 245 | 262,5 | 280 | 297,5 | 315 | 332,5 | 350 |
| 400 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 |
| 450 | 67,5 | 90 | 112,5 | 135 | 157,5 | 180 | 202,5 | 225 | 247,5 | 270 | 292,5 | 315 | 337,5 | 360 | 382,5 | 405 | 427,5 | 450 |
| 500 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 |
| 550 | 82,5 | 110 | 137,5 | 165 | 192,5 | 220 | 247,5 | 275 | 302,5 | 330 | 357,5 | 385 | 412,5 | 440 | 467,5 | 495 | 522,5 | 550 |
| 600 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 | 540 | 570 | 600 |

Anexo 21.

Compatibilidade entre fertilizantes minerais simples, adubos orgânicos e corretivos.

| | | LEGENDA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------|---|-------|------------------|---|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------|
| | | C | | | CL | | | I | | | | | | | | | | | | |
| | | Compatíveis: Podem ser misturados | | | Compatibilidade limitada: Devem ser misturados pouco antes da aplicação | | | Incompatíveis: Não podem ser misturados | | | | | | | | | | | | |
| | | Nitrato de sódio | Nitrato de potássio | Nitrocálcio | Nitrato de amônio | Ureia | Farinha de ossos | Fosfatos naturais | Superfostato simples | Superfostato triplo | Fosfato monamônico | Fosfato diamônico | Escórias | Termofostato | Cloreto de potássio | Sulfato de potássio | Sulfato de potássio e magnésio | Cal virgem e hidratada | Calcarões e calcário calcinado | Gesso |
| Adbuos orgânicos | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Nitrato de sódio | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Nitrato de potássio | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Nitrocálcio | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Nitrato de amônio | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Sulfato de amônio | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Ureia | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Farinha de ossos | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Fosfatos naturais | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Superfostato simples | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Superfostato triplo | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Fosfato monamônico | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Fosfato diamônico | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C | C |
| | Escórias | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C | C |
| | Termofostato | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C | C |
| | Cloreto de potássio | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C | C |
| | Sulfato de potássio | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C | C |
| | Sulfato de potássio e magnésio | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C | C |
| | Cal virgem e hidratada | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C | C |
| | Calcarões e calcário calcinado | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | | C |
| | Gesso | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | |

Fonte: Adaptado de JACOB, A.; UEXKÜLL, H. v. **Fertilização** – Nutrição y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 3. ed. Hannover: Verlagsgesellschaft für Ackerbau, 1966.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: Anda: Potafos, 1989. 153 p.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



ISBN 85-7383-230-4



9 788573 183230 >

CGPE 4398