

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

# **CERRADO**

## **Correção do solo e adubação**

**Editores Técnicos**

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Planaltina-DF  
2003

**“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 3000 kg/ha, superior à média nacional que foi de 2782 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. Dezessete 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 HÁPLICO (GX) .....	55
Características gerais .....	55
Fatores limitantes .....	56
Aptidão agrícola .....	57
Ambiente de ocorrência .....	58
Manejo dos Solos Glei .....	58
Referências bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	96

## Capítulo 4

### Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes 97

*Milton A.T. Vargas; Lêda 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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 ions .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	242

## Capítulo 10

### **Análise foliar ..... 245**

*Sebastião A. de Oliveira*

Introdução .....	245
Amostragem .....	246
Interpretação .....	252
Referências bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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 bibliográficas .....	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