

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul



MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina



Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC

Porto Alegre
2004

MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

Sob a responsabilidade da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (Núcleo Regional Sul, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo), dos Coordenadores dos Grupos de Trabalho e da Equipe Técnica relacionada no Anexo 6:

Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC):

Sirio Wiethölter (Embrapa Trigo) - Coordenador
Carlos Alberto Ceretta (UFSM - Departamento de Solos)
Cláudio José da Silva Freire (Embrapa Clima Temperado)
Elói Erhard Scherer (EPAGRI-CEPAF - Chapecó)
Ibanor Anghinoni (UFRGS - Departamento de Solos)
Irineo Fioreze (UPF - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária)
Jackson Ernani Fiorin (FUNDACEP - FECOTRIGO)
Ledemar Carlos Vahl (UFPEL - Departamento de Solos)
Paulo Roberto Ernani (UDESC - Centro Agro-Veterinário)
Walkyria Bueno Scivittaro (Embrapa Clima Temperado)

Coordenadores de Grupos de Trabalho:

Claudio José da Silva Freire (Embrapa Clima Temperado): Frutíferas
Clesio Gianello (UFRGS) / Otávio J. W. de Siqueira (Embrapa Clima Temperado): Culturas de grãos
Elói Erhard Scherer (Epagri): Adubos e resíduos orgânicos
Hardi René Bartz (UFSM): Hortaliças e plantas ornamentais
Ibanor Anghinoni (UFRGS): Plantas medicinais, aromáticas e condimentares
Névio João Nuernberg (Epagri) / Carlos Alberto Bissani (UFRGS): Forrageiras
Osmar Souza dos Santos (UFSM): Sistemas especiais de produção
Roberto Luiz Salet (UNICRUZ): Essências florestais
Sirio Wiethölter (Embrapa Trigo): Sistema plantio direto

Coordenação Geral: Sirio Wiethölter (Embrapa Trigo)

Editores: Marino J. Tedesco, Clesio Gianello, Ibanor Anghinoni, Carlos A. Bissani,
Flávio A. O. Camargo (UFRGS) e Sirio Wiethölter (Embrapa Trigo)

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul

MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC

Porto Alegre - 2004

© dos editores
10ª edição: 2004
Tiragem: 2000 exemplares
Direitos reservados desta edição: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Segunda reimpressão

Capa: Gabriel H. Lovato
Fotos: Abóboras: Deon Staffelbach; Maçã: Sabine Simon; Milho: Luís Rock;
Soja: Luiz Eichelberger; Trigo: Karsten W. Rohrbach
Gravuras: Flávio A. de Oliveira Camargo
Diagramação: Alessandra Gianello
Revisão de Texto: Norma T. Zanchett
Montagem: Clesio Gianello
Revisão final: Os editores
Revisão de provas: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - NRS
Fotolitos e impressão: Evangraf LTDA

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra por qualquer meio sem a autorização prévia do NRS-RS/SC - SBSC.
Eventuais citações de produtos ou marcas comerciais têm o propósito de tão-somente orientar o leitor, mas não significam endosso aos produtos.

CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO

S678m Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. - Porto Alegre, 2004.

400 p. : il.

1. Solo : Adubação : Calagem : Fertilidade :
Rio Grande do Sul : Santa Catarina. I. Título.

CDD: 631.4

Catálogo na publicação:
Vanessa Colares Maciel
Bibliotecária CRB10/1524

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
AGRADECIMENTOS	13
INTRODUÇÃO	15
Evolução das recomendações de adubação e de calagem	15
Histórico dos projetos de manejo do solo	17
A ROLAS no contexto das recomendações de adubação e de calagem	19
Necessidade de revisão das recomendações de adubação e de calagem	20
O SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM	21
Etapas do sistema	21
Aptidão agrícola das terras e o manejo do solo e das culturas	22
AMOSTRAGEM DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL	25
Amostra representativa	25
Variabilidade do solo e número de subamostras	26
Época de amostragem	27
Amostradores de solo	27
Procedimento de coleta de amostras de solo	28
Subdivisão da propriedade em glebas homogêneas	28
Amostragem nos sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo	29
Amostragem no sistema plantio direto	30
Amostragem do solo para agricultura de precisão	35
Procedimento de coleta de amostras de solo	35
Formulário de identificação	37
Manuseio e armazenagem de amostras de solo	38
Amostragem de tecido vegetal	38
MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO, PLANTAS, MATERIAIS ORGÂNICOS E RESÍDUOS	41
Análises de solo	41
Diagnóstico da fertilidade do solo (análise básica)	41
Diagnóstico da disponibilidade de enxofre e de micronutrientes	45
Análise de tecido de plantas	45
Análise de materiais orgânicos e de resíduos diversos	46
Controle de qualidade das análises	46
DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS	47
Interpretação dos indicadores de acidez do solo	49

Interpretação dos teores de argila e de matéria orgânica e da capacidade de troca de cátions	49
Interpretação dos teores de fósforo e de potássio	50
Fósforo	50
Potássio.	51
Interpretação dos teores de cálcio, de magnésio e de enxofre	52
Interpretação dos teores de micronutrientes	53
Interpretação dos resultados de análises foliares	53
CALAGEM	57
Critérios para a recomendação de calagem	57
Critério do pH de referência	57
Critério da saturação por bases	59
Grãos	60
Sistema convencional	60
Sistema plantio direto	62
Arroz irrigado por inundação	63
Forrageiras	63
Hortaliças, tubérculos e raízes	65
Frutíferas e essências florestais	67
Qualidade do calcário	69
Aplicação dos corretivos da acidez do solo	70
Época de aplicação.	70
Distribuição	70
Calagem na linha de semeadura.	70
Deposição de calcário na lavoura	70
Efeito residual da calagem	71
Utilização dos indicadores da necessidade de calagem	71
RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO	73
Expectativa de rendimento das culturas	73
Representação gráfica do sistema de adubação	74
Conceito de adubação de manutenção (valor M)	74
Conceito de adubação de reposição (valor R)	75
Adubação de correção total	76
Adubação corretiva gradual	79
Adubação nitrogenada.	79
Exemplo de utilização das tabelas de adubação	79
Interpretação de valores de pH do solo e necessidade de calagem	79
Interpretação dos teores de P e de K no solo	82
Alternativas para as recomendações de fósforo e de potássio	84
Estabelecimento do sistema plantio direto	84
Valores muito altos na análise.	84
Fosfatos naturais	84
Relação entre preço de fertilizante e de produto	85
Manejo da adubação na propriedade	85
Adubação com micronutrientes	85
CORRETIVOS E FERTILIZANTES MINERAIS	87
Corretivos da acidez do solo	87

Teor e tipo de neutralizantes	87
Tamanho de partículas	89
Eficiência do corretivo (PRNT).	90
Legislação.	91
Uso de gesso agrícola	91
Outros aspectos referentes a corretivos de solo	92
Fertilizantes minerais	93
Fertilizantes nitrogenados	93
Fertilizantes fosfatados	93
Fertilizantes potássicos	97
Fórmulas NPK	98
Macronutrientes secundários e micronutrientes.	98
Fertilizantes foliares	98
ADUBAÇÃO ORGÂNICA	101
Concentração de nutrientes em adubos orgânicos.	102
Índices de eficiência dos nutrientes	103
Cálculo das quantidades de nutrientes a aplicar	106
Adubação orgânica e mineral	108
Fertilizantes organo-minerais	110
Manejo dos adubos orgânicos	110
Resíduos orgânicos e qualidade ambiental	111
Adubação orgânica e agricultura orgânica	113
GRÃOS	115
Amendoim.	120
Arroz de sequeiro	121
Arroz irrigado	122
Aveia branca.	127
Aveia preta	128
Canola	129
Centeio	131
Cevada	132
Ervilha seca e ervilha forrageira	134
Ervilhaca	135
Feijão	136
Girassol	138
Linho	139
Milho	140
Milho pipoca	143
Nabo forrageiro	144
Painço	145
Soja.	146
Sorgo	148
Tremoço	149
Trigo	150
Triticale	152
Cultivos consorciados.	154

FORRAGEIRAS	155
Gramíneas de estação fria	157
Gramíneas de estação quente	159
Capim elefante	161
Leguminosas de estação fria	163
Leguminosas de estação quente	164
Alfafa	166
Consociações de gramíneas e de leguminosas de estação fria	168
Consociações de gramíneas e de leguminosas de estação quente	170
Pastagens naturais (nativas ou naturalizadas)	172
Pastagens naturais com introdução de gramíneas e leguminosas	177
Milho e sorgo para silagem	179
HORTALIÇAS	181
Abóbora e moranga	185
Alcachofra	186
Alface, chicória, almeirão e rúcula	187
Alho	188
Aspargo	190
Beterraba e cenoura	192
Brócolo e couve-flor	193
Cebola	195
Ervilha	197
Melancia e melão	198
Pepino	199
Pimentão	201
Rabanete	202
Repolho	203
Tomateiro	204
TUBÉRCULOS E RAÍZES	207
Batata-doce	208
Batata	209
Mandioca	211
FRUTÍFERAS	213
Abacateiro	215
Abacaxizeiro	222
Ameixeira	224
Amoreira-preta	228
Bananeira	230
Caquizeiro	236
Citros	239
Figueira	246
Macieira	248
Maracujazeiro	254
Mirtilo	256
Morangueiro	258
Nogueira pecã	260
Pereira	263

Pessegueiro e nectarineira	268
Quiveiro	273
Videira	276
ESSÊNCIAS FLORESTAIS	283
Acácia-negra	284
Araucária	285
Bracatinga	286
Erva-mate	287
Eucalipto	289
Pinus	291
PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES	293
Alfavaca	295
Calêndula	295
Camomila	296
Capim-limão, citronela-de-java e palma-rosa	296
Cardamomo	297
Carqueja	297
Chá	298
Coentro e salsa	299
Curcuma	299
Erva-doce	300
Estévia	300
Hortelãs	301
Gengibre	301
Piretro	302
Urucum	303
Vetiver	304
PLANTAS ORNAMENTAIS	305
Crisântemo de corte	306
Roseira de corte	308
OUTRAS CULTURAS COMERCIAIS	311
Cana-de-açúcar	312
Fumo	314
SISTEMAS ESPECIAIS DE PRODUÇÃO	317
Cultivos protegidos e hidroponia	317
Disponibilidade de água e instalações	317
Manejo da cultura	318
Solução nutritiva	319
Cuidados a observar no cultivo hidropônico	321
Cultivos em substratos	322
Escolha do substrato	322
Volume de substrato a utilizar	324
Instalação da cultura em substrato	325
Fertirrigação da cultura em substrato	326
Monitoramento da nutrição mineral	327
Reutilização do substrato	329

BIBLIOGRAFIA	331
ANEXO 1. APTIDÃO DE USO DAS TERRAS E SUA UTILIZAÇÃO NO PLANEJAMENTO AGRÍCOLA	339
ANEXO 2. ASPECTOS REFERENTES À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE FERTILIZANTES E DE CORRETIVOS	367
ANEXO 3. RELAÇÃO DE CULTURAS ABORDADAS NESTE MANUAL	379
ANEXO 4. INSTITUIÇÕES E ENTIDADES QUE PARTICIPARAM NESTA EDIÇÃO	383
ANEXO 5. LABORATÓRIOS PARTICIPANTES DA REDE ROLAS	385
ANEXO 6. RELAÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ELABORAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DA PRESENTE EDIÇÃO	387
ANEXO 7. FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA DE SOLO	389
ÍNDICE	391

APRESENTAÇÃO

O presente Manual visa orientar o uso de fertilizantes e de corretivos da acidez, para os principais solos e culturas dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Ele contém os avanços no conhecimento agrônomo, com base na pesquisa e na experiência regionais das instituições de pesquisa, ensino, assistência técnica, extensão rural e do setor privado. Pela crescente evolução da tecnologia, o Manual deve ser considerado como em contínuo processo de aperfeiçoamento. O retorno dos resultados obtidos, por parte dos usuários, é importante para seu aprimoramento.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo

Núcleo Regional Sul – RS/SC

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

AGRADECIMENTOS

A Comissão de Química e Fertilidade do Solo agradece a todos os profissionais com atividades em pesquisa, ensino, assistência técnica, extensão rural e aos do setor privado, pela colaboração na elaboração deste Manual. A efetiva participação de todos demonstra o elevado espírito de cooperação e integração existente entre os profissionais da área.

As seguintes instituições participaram efetivamente do processo de elaboração do presente Manual:

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (Embrapa Clima Temperado), Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (Embrapa Uva e Vinho), Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Embrapa Florestas) e Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sulbrasilieiros (Embrapa Pecuária Sul);
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER, RS;
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. - EPAGRI;
- Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa da FECOTRIGO - FUNDACEP;
- Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, RS;
- Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA: Estação Experimental do Arroz;
- Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ: Faculdade de Agronomia;
- Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC: Centro Agro-Veterinário - Departamento de Solos;
- Universidade Federal de Pelotas - UFPEL: Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Departamento de Solos;
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS: Faculdade de Agronomia - Departamentos de Solos, de Horticultura e Silvicultura e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia;
- Universidade Federal de Santa Maria - UFSM: Centro de Ciências Rurais - Departamentos de Solos, de Fitotecnia e de Ciências Florestais;
- Universidade de Passo Fundo - UPF: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária;
- Sindicato da Indústria de Adubos do Rio Grande do Sul - SIARGS;
- Sindicato da Indústria e da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras do Estado do Rio Grande do Sul - SINDICALC.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo
Núcleo Regional Sul – RS/SC
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

INTRODUÇÃO

As recomendações de adubação e de calagem adotadas nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina são embasadas na análise de solo e/ou de tecido vegetal. A utilização da análise de solo na região se difundiu a partir da década de 60, tendo sido importante, à época, o Programa Nacional de Análises de Solos do Ministério da Agricultura e a consolidação de uma equipe de pesquisadores em fertilidade de solo das seguintes instituições: Departamento de Solos da UFRGS, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS - sucedido pela Embrapa), Secretaria da Agricultura-RS, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (ASCAR-EMATER). Como resultado dessa integração, foram elaboradas as primeiras tabelas regionais de adubação para o Estado do RS.

1.1 - EVOLUÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

A primeira proposição de recomendação de adubação no Estado do Rio Grande do Sul, com base na análise de solo, foi feita por Mohr (1950). Esse autor dividiu o Estado do Rio Grande do Sul em quatro regiões fisiográficas e estabeleceu valores de referência para as análises de solo em cada uma delas, sendo:

- 1) planalto norte (solos formados sobre basalto);
- 2) região sedimentar central (solos formados sobre arenito Botucatu);
- 3) escudo sul-rio-grandense (solos formados sobre rochas graníticas); e,
- 4) região da planície costeira (solos formados sobre areias e sedimentos recentes).

Os valores determinados nas análises químicas eram comparados com os valores de referência estabelecidos (teor crítico ou nível de suficiência) para cada região, sendo, então, fornecida uma recomendação descritiva para cada grupo de solos.

No final da década de 60 e início da década de 70, ocorreram grandes modificações na agricultura bem como no uso das recomendações de adubação e de calagem, principalmente com a execução da "Operação Tatu" (Associação..., 1967, 1968; Ludwick, 1968; Volkweiss & Klamt, 1969, 1971) realizada primeiramente no Estado do Rio Grande do Sul e depois em Santa Catarina (SC), onde o projeto foi denominado "Operação Fertilidade" (Pundek, 2000). Nesse período ocorreram importantes avanços no sistema de adubação, tendo sido elaboradas a segunda (UFRGS, 1968) e a terceira (Mielniczuk et al., 1969a,b) tabelas de recomendações. O sistema era constituído pela adubação corretiva (para elevar os teores de P e de K ao teor crítico na primeira cultura) e pela adubação de manutenção por cultura, visando manter os teores de P e de K atingidos na adubação corretiva. Esse modelo de correção da fertilidade do solo era baseado no conceito de "adubar o solo".

A recomendação de calagem era para elevar o pH do solo ao nível desejado em uma única aplicação, inicialmente para pH 6,5 e, a partir de 1973, para pH 6,0 (Reunião..., 1973), conforme o índice SMP (Murdock et al., 1969).

Outro aspecto importante desse período foi a criação da ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina), em 1968, tendo sido esta a responsável pela revisão e pelos aperfeiçoamentos nas recomendações até a versão de 1981 (ROLAS, 1981).

Na década de 70 ocorreu a adesão do Estado de Santa Catarina à ROLAS (Tedesco et al., 1994) e o início do programa de controle de qualidade das análises laboratoriais, ambos em 1972 e a elaboração da quarta (UFRGS, 1973) e da quinta (UFRGS, 1976) tabelas de recomendação. Ainda devem ser citadas as tabelas elaboradas isoladamente por Patella (1972), pois elas apresentavam, até certo ponto, analogia com o sistema proposto em 1987 (Siqueira et al., 1987).

Na década de 80 foram elaboradas três atualizações nas tabelas. A sexta versão (ROLAS, 1981) introduziu algumas modificações para várias culturas, tendo sido a última versão elaborada pela ROLAS. Nas versões seguintes, a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, do recém-criado Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, assumiu essa incumbência. A versão adotada em 1987 (Siqueira et al., 1987) modificou a filosofia de recomendação, passando de um sistema de adubação corretiva e de manutenção para um sistema misto (correção e reposição, ou restituição), no qual o objetivo era atingir os níveis de suficiência de P e de K

gradualmente em três cultivos ou anos, com o conceito de "adubar a cultura", já que, à época, havia restrição ao crédito agrícola para a correção total da fertilidade do solo. A oitava versão (CFS-RS/SC, 1989) introduziu modificações na adubação de algumas culturas, sem alterar substancialmente a versão de 1987.

Na década de 90 foi elaborada a nona versão com diversas modificações nas recomendações das culturas, e foram propostas as primeiras recomendações de calagem para o sistema plantio direto (CFS-RS/SC, 1995).

1.2 - HISTÓRICO DOS PROJETOS DE MANEJO DO SOLO

Os programas regionais objetivando a adoção de práticas de manejo da fertilidade, com base na análise de solo e em outras técnicas modernas de campo, foram iniciados pelo Projeto de Melhoramento da Fertilidade do Solo, denominado "Operação Tatu". Este projeto surgiu com a implantação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia na UFRGS, em 1965 (Ludwick, 1968). Nessa época foram iniciados os trabalhos de pesquisa visando a identificação dos fatores responsáveis pela baixa produtividade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul (Volkweiss & Klamt, 1969; 1971). O trabalho foi executado no município de Ibirubá pelo Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS (que à época mantinha um convênio de cooperação técnica com a Universidade de Wisconsin, EUA), pela Secretaria da Agricultura, pelo Ministério da Agricultura através do IPEAS e pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). Essa amostragem visava determinar o nível de fertilidade dos solos dessa região e a implantação de lavouras demonstrativas com a utilização adequada das recomendações de calagem e de adubação.

Esse trabalho foi repetido em Santa Rosa, expandindo-se, a partir de 1967, para Três de Maio, Tuparendi e Horizontina (RS), sob a coordenação da Associação Rural de Santa Rosa (Associação..., 1967) e da ASCAR (Associação..., 1968). Em 1968, já havia solicitação de 80 municípios para participar do projeto (Ludwick, 1968), que objetivava corrigir a acidez e a fertilidade do solo, além de controlar a erosão e estimular o emprego de melhores cultivares e a adoção de novas práticas de cultivo, à semelhança da chamada "Revolução Verde". A utilização de terraços foi iniciada na década de 50, mas seu uso ainda era incipiente na década de 60. Convém lembrar que, devido à adoção generalizada do sistema plantio direto na década de 90, muitos agricultores removeram os terraços, apesar de serem estruturas necessárias para conduzir o fluxo da água de escoamento.

No Estado de Santa Catarina, a partir dos resultados obtidos pela Operação Tatu no Estado do Rio Grande do Sul, foi elaborado o Plano de Recuperação da Fertilidade do Solo, em meados de 1968, denominado "Operação Fertilidade", para ser

executado a partir de 1969 e com duração prevista até 1975. Os trabalhos de campo foram executados no município de Nova Veneza, região sul do Estado, em 1969, com a instalação de 16 lavouras demonstrativas com a cultura do milho, seguindo as normas técnicas preconizadas pelo "Plano", entre elas, adubação corretiva e de manutenção e calagem pelo índice SMP para atingir pH 6,0. Nessas lavouras foram aplicadas, em média, 8,1 t/ha de calcário. O rendimento médio dessas lavouras foi de 5.040 kg/ha. Nos anos seguintes, o "Plano" se expandiu para todo Estado, e o consumo do calcário atingiu aproximadamente 50 mil toneladas em 1970 e 300 mil toneladas em 1980 (Pundek, 2000). Os trabalhos de campo, a partir da safra de 1970/1971, foram executados pela Secretaria da Agricultura daquele estado e pela ACARESC.

A Operação Tatu manteve ações intensas até 1974 (Klamt & Santos, 1974), estendendo-se, pelo menos, até 1976 (Volkweiss & Ludwick, 1976; Mielniczuk & Anghinoni, 1976). Ela foi importante porque introduziu o princípio da calagem total, ou seja, a aplicação, em uma só vez, da quantidade de calcário necessária para corrigir a acidez do solo ao nível desejado (Volkweiss & Klamt, 1969). Uma avaliação dos efeitos da Operação Tatu foi feita por Mielniczuk & Anghinoni (1976), em 20 lavouras, nos municípios de Santa Rosa, de Tapera e de Espumoso (RS). Após um período de 5 a 7 anos da primeira aplicação de calcário, o pH médio passou de 4,8 para 5,6 e a necessidade de calcário de 6,9 para 2,2 t/ha, o que correspondia a um efeito residual da primeira calagem de 50%. Os teores de fósforo e de potássio estavam adequados, e os produtores haviam corrigido o solo no restante de suas propriedades, obtendo altos rendimentos dos cultivos; demonstravam também entusiasmo pela utilização de práticas de melhoria da fertilidade e conservação do solo.

Na década de 80 e em seqüência à Operação Tatu, foi iniciado no RS o Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo (PIUCS) visando a redução da intensidade de preparo e de aumento da cobertura vegetal do solo. O projeto foi executado entre 1979 e 1985 (Mielniczuk et al., 2000). Esse trabalho contribuiu para o início de uma agricultura com enfoque conservacionista em grande escala no Estado do RS, adotando-se as práticas de eliminação da queima da resteva, a utilização de culturas de cobertura, a redução do preparo do solo e o plantio direto. No Estado de Santa Catarina o trabalho de manejo do solo foi centralizado em microbacias hidrográficas, que também foi feito no Estado do RS pela EMATER.

Entre 1994 e 1998, a Embrapa Trigo conduziu o Projeto METAS, de pesquisa e de difusão do sistema plantio direto no RS, com a participação da EMATER-RS e de empresas privadas e de assistência técnica (Denardin & Kochhann, 1999). Nesse período, observou-se rápida adoção do sistema plantio direto, sendo a área atual nesse sistema de aproximadamente 3,8 milhões de hectares no RS e de 800 mil hectares em SC (Wiethölter, 2002b).

Dessa forma, podem ser destacados três modelos ou "filosofias" de recomendação de adubação: 1) um sistema simples de análise de solo e interpretação agrônômica (Mohr, 1950); 2) um sistema integrado de análise de solo, com recomendações de calagem, adubação corretiva e de manutenção e um sistema intensivo de produção agrícola (Mielniczuk et al., 1969a); e, 3) um sistema de adubação para uma sucessão de três culturas e as primeiras recomendações para o sistema plantio direto (Siqueira et al., 1987; CFS-RS/SC, 1989; 1995). De forma análoga, existiram três programas de manejo do solo: 1) a Operação Tatu (décadas de 60 e 70), com a melhoria da qualidade química do solo e a utilização de melhores cultivares no Estado do RS, e a Operação Fertilidade no Estado de SC; 2) o PIUCS (década de 80), enfatizando a cobertura vegetal do solo no inverno, o preparo reduzido do solo, a manutenção da palha e a qualidade física do solo; e, 3) o METAS (década de 90), com ênfase no sistema plantio direto em vários aspectos: adubação, calagem, semeadoras, controle de invasoras, manejo da palha, etc.

Observa-se, a partir da exitosa experiência das últimas quatro décadas, que novos programas interinstitucionais são necessários, visando o aperfeiçoamento e a adoção do sistema plantio direto, com a otimização da combinação de fatores relacionados à produtividade das culturas.

No Anexo 4, são listadas as entidades que participaram das edições anteriores e da presente, deste Manual. No Anexo 5, é fornecida a relação dos laboratórios de análises, seus endereços e os serviços prestados. No Anexo 6, é apresentada a relação de pesquisadores que participaram da elaboração deste material.

1.3 - A ROLAS NO CONTEXTO DAS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

A ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina) é uma organização vinculada à Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, do Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. A rede é formada, atualmente, por 25 laboratórios (Anexo 5). Anualmente é feita uma reunião para analisar dados de pesquisa sobre metodologias de análise de solo e de tecido bem como para deliberar sobre assuntos relacionados à operacionalidade da rede. Entre os assuntos tratados inclui-se também o sistema de controle de qualidade da análise básica e de micronutrientes. Desde o ano de 2000, o controle é feito com a utilização da Internet. Amostras padronizadas são analisadas por todos os laboratórios, utilizando-se parâmetros estatísticos para caracterizar a exatidão analítica. Selos de qualidade são distribuídos anualmente aos laboratórios que atingiram a exatidão mínima exigida, estabelecendo-se, assim,

um elo de ligação entre o programa de controle de qualidade e os usuários dos laboratórios.

1.4 - NECESSIDADE DE REVISÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

O avanço nos sistemas de produção e o aumento de rendimento das culturas têm sido evidentes na última década, pois o país alcançou a produção de aproximadamente 120 milhões de toneladas de grãos na safra 2003/2004. Como exemplo, pode-se indicar a adoção das seguintes inovações técnicas ou expansão de produção nos últimos anos nos Estados do RS e de SC: plantio direto; produção de hortaliças em ambiente protegido; produção de frutas de clima temperado para exportação; produção em hidroponia; produção de flores e espécies ornamentais; produção de forrageiras cultivadas no inverno; irrigação de lavouras de verão; produção de espécies medicinais e aromáticas; geração de grandes quantidades de dejetos de animais (com problemas de utilização nas lavouras); agricultura orgânica; etc. Tornou-se, portanto, necessário revisar as recomendações de fertilizantes e de corretivos do solo para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

O processo de revisão das recomendações de adubação e de calagem foi proposto em reunião da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC) do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo em 14/12/1999. Foram sugeridos alguns itens a serem revistos, tais como: sistemas de manejo do solo e de culturas; critérios de amostragem de solo; calagem para o sistema plantio direto; alterações na tabela de interpretação dos teores de P e de K no solo; teor crítico de P extraído por resina em lâminas; teor crítico de K no solo; unidades de expressão dos resultados de análises de solo e de plantas; cálculo de H+Al; adubação orgânica; etc. Essas e outras alterações foram introduzidas neste Manual.

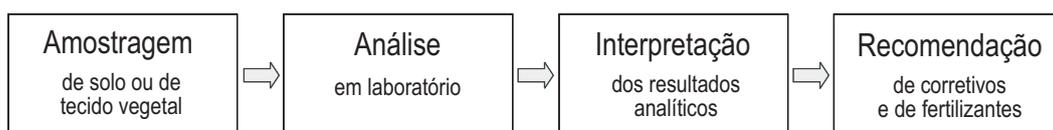
O SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

O sistema de recomendação de adubação e de calagem apresentado neste Manual é indicado para ser utilizado nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Ele é baseado na análise de solo e, para algumas culturas, na análise de tecido vegetal.

O principal objetivo do sistema é a utilização racional de insumos em quantidade, forma e época de aplicação, visando, dessa forma, a elevação e manutenção dos teores de nutrientes no solo e a otimização de retornos econômicos das culturas.

2.1 - ETAPAS DO SISTEMA

O sistema é composto pelas seguintes etapas:



Em cada uma dessas etapas podem ocorrer erros que alteram as recomendações de fertilizantes e de corretivos. O erro na amostragem do solo é o mais prejudicial, pois ele não pode ser corrigido nas etapas seguintes. Uma amostragem não representativa da área pode causar distorções grandes (maiores que 50%) na avaliação da fertilidade do solo. A correta amostragem do solo é mais difícil de ser executada em áreas cultivadas no sistema plantio direto, principalmente com a utilização da adubação em linha pela maior variabilidade, tanto vertical como horizontal. Os requisitos e os

procedimentos de coleta de amostras representativas de solo e de tecido vegetal são apresentados no Capítulo 3.

A metodologia de preparo e análise das amostras de solo e de tecido vegetal segue um protocolo uniforme dos laboratórios da ROLAS. A adequação dos métodos utilizados é estudada em instituições de pesquisa e monitorada pelo controle de qualidade. Os procedimentos analíticos são apresentados no Capítulo 4.

A interpretação dos resultados analíticos é feita pela utilização de faixas de valores, às quais correspondem diferentes graus de intensidade dos atributos ou dos parâmetros de solo analisados (Capítulo 5).

As recomendações de corretivos da acidez podem ser feitas por cultura ou por sistemas de cultivo. Os parâmetros de solo e os critérios a serem utilizados em cada situação são apresentados no Capítulo 6.

São indicadas várias opções para a recomendação de fertilizantes, conforme o sistema de cultivo utilizado e a disponibilidade de recursos (Capítulo 7). São dados vários exemplos de diferentes situações, para o melhor entendimento dos princípios do sistema.

A utilização de adubos orgânicos em aplicação isolada ou em conjunto com a adubação mineral é apresentada no Capítulo 9.

Devido à abrangência e à inter-relação entre as diferentes partes que compõem uma recomendação de adubação e calagem, tem sido necessária a repetição ocasional de algum tópico importante, para orientação do usuário deste Manual e facilidade de consulta.

2.2 - APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS E O MANEJO DO SOLO E DAS CULTURAS

Os fatores que determinam a aptidão agrícola das terras, como as características do solo (profundidade efetiva, textura e drenagem) e do ambiente (declividade do terreno, pedregosidade, degradação e risco de enchentes) e a legislação ambiental devem ser devidamente avaliados para a utilização do sistema de recomendação de adubação e de calagem apresentado neste Manual. No Anexo 1 são apresentados os indicadores utilizados para estabelecer a aptidão de uso agrícola das terras nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Para o sucesso das recomendações de adubação e de calagem deste Manual, devem também ser utilizadas as boas práticas de manejo do solo e da cultura, como por exemplo, cultivares adaptados e/ou de alto potencial produtivo, manejo adequado

do solo e da cultura, época e densidade de semeadura apropriadas, controle de invasoras, pragas e moléstias e tecnologia adequada de colheita e pós-colheita.

A expectativa de rendimentos a ser considerada nas recomendações depende do manejo do solo e da cultura. No preparo convencional, com muita mobilização do solo, é importante manter a cobertura permanente (não queimar ou retirar a palha da lavoura) para evitar a erosão e a degradação do solo, além de observar a localização e o uso de terraços adequados à declividade do terreno, ao tipo de solo e ao sistema de culturas.

A utilização de práticas conservacionistas (eliminação da queima da palha, cultivo de plantas de cobertura e rotação com culturas comerciais), com menor, ou mesmo sem mobilização do solo, favorece a obtenção de altos rendimentos das culturas nas lavouras. O uso continuado dessas práticas aumenta a estabilidade de agregados, a infiltração e a disponibilidade de água, a ciclagem de nutrientes pela ação microbiana, o teor de matéria orgânica e a capacidade do solo em reter nutrientes.

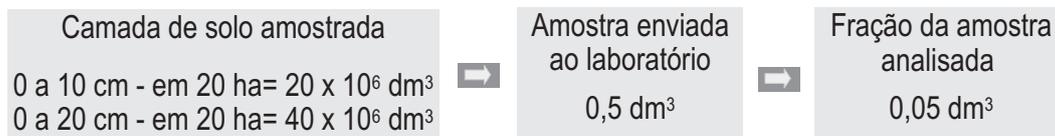
O sucesso do sistema de plantio direto, de ampla utilização no Sul do Brasil, além dos cuidados com a compactação de solo, depende da utilização de sistemas de culturas que propiciem renda aos agricultores. Nesses sistemas de rotação de culturas, os resíduos vegetais devem ser mantidos sobre a superfície do solo durante todo o ano.

AMOSTRAGEM DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL

As recomendações de adubação e de calagem para as culturas nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina baseiam-se na análise de solo. Para algumas espécies, especialmente as frutíferas, a análise foliar é um importante suporte técnico para a determinação das quantidades de nutrientes a serem aplicados ao solo ou diretamente nas plantas. São abordados, neste capítulo, a importância da representatividade da amostra, os critérios para a determinação do número de subamostras, os amostradores de solo e os procedimentos de coleta de amostras de solo, tanto em sistema de manejo convencional como no sistema plantio direto. São apresentados também os procedimentos gerais de amostragem de tecido foliar para vários grupos de culturas.

3.1 - AMOSTRA REPRESENTATIVA

A heterogeneidade é uma característica intrínseca dos solos devido aos fatores de sua formação; as práticas de manejo da adubação e da calagem aumentam esta heterogeneidade, dificultando a coleta de amostras representativas. A amostra deve representar a condição real média da fertilidade do solo. Pode representar desde um vaso de flores até muitos hectares, sendo a homogeneidade o principal fator que determina a área a ser abrangida pela amostra. Por esse motivo, todas as instruções para a coleta de solo devem ser observadas para obter amostras representativas. Por exemplo, se uma amostra composta de solo representar 20 hectares, a quantidade de solo analisada no laboratório corresponderá, aproximadamente, à fração equivalente a 2,5 partes por bilhão do volume de solo da área amostrada na camada de zero a 10 cm ou 1,25 partes por bilhão na camada de zero a 20 cm de profundidade, conforme a seguinte relação:



3.2 - VARIABILIDADE DO SOLO E NÚMERO DE SUBAMOSTRAS

O conhecimento da variabilidade dos atributos químicos do solo é importante para a coleta de amostras representativas. No estudo de variabilidade, é utilizada a estatística clássica, em que as variações que ocorrem no solo têm uma distribuição espacial aleatória. A média e o coeficiente de variação são indicadores adequados a esses estudos. Assim, o número adequado (n) de subamostras a serem coletadas para formar uma amostra representativa de uma gleba (amostra composta) varia conforme a natureza e a magnitude da variabilidade e os limites requeridos de inferência estatística. Estes limites são definidos pela probabilidade de erro α (confiabilidade) e pelo erro e , em relação à média. Tais limites, no entanto, não devem exceder às variações observadas no controle de qualidade das análises adotado pelos laboratórios da ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina). Assim, considera-se a probabilidade do erro α de 5% e o erro e de 20% como adequados para o estabelecimento do número de subamostras, em conformidade com o controle de qualidade de análises da ROLAS (Wiethölter, 2002a). Informações detalhadas sobre a determinação do número mínimo de subamostras para formar uma amostra representativa em diferentes sistemas de cultivo foram apresentadas por Schlindwein & Anghinoni (2000) e por Anghinoni et al. (2002).

A representatividade da amostra é, portanto, fundamental para uma indicação correta de fertilizantes e de corretivos da acidez de solo.

A variabilidade dos parâmetros indicativos da fertilidade do solo é maior no sistema plantio direto do que no preparo convencional. Isso ocorre tanto no sentido horizontal, pela permanência das linhas de adubação, como no vertical, pela formação de gradientes em profundidade, permanência de resíduos culturais na superfície e aplicação superficial de adubo e de calcário.

Os limites de inferência estatística nos sistemas de preparo convencional e de cultivo mínimo são atendidos com a coleta de 10 a 20 subamostras (15 em média), com todos os amostradores de solo (Figura 3.1). No entanto, devido à maior variabilidade dos parâmetros de fertilidade no sistema plantio direto, o número de subamostras para formar uma amostra composta é maior, especialmente se forem utilizados os trados de rosca, calador e holandês.

3.3 - ÉPOCA DE AMOSTRAGEM

A amostragem de solo pode ser feita em qualquer época do ano; entretanto, considerando que são necessárias de duas a três semanas para a preparação, a análise química e o retorno dos resultados, deve-se amostrar o solo aproximadamente dois a três meses antes do plantio ou da semeadura. Em pastagens já estabelecidas, o solo deve ser amostrado dois a três meses antes do máximo crescimento vegetativo. Em culturas perenes, recomenda-se, em geral, amostrar o solo após a colheita.

3.4 - AMOSTRADORES DE SOLO

Os amostradores mais comuns, utilizados para a coleta de amostras de solo, são mostrados na Figura 3.1. A adequação do amostrador depende das condições locais, como o tipo de solo, o grau de compactação e o teor de umidade. A pá-de-corte pode ser utilizada na maior parte dos casos, mas requer mais tempo para a amostragem. A amostragem de solo com o trado holandês é menos afetada pela textura e pelo teor de umidade do solo do que aquela feita com trado de rosca ou com trado calador.

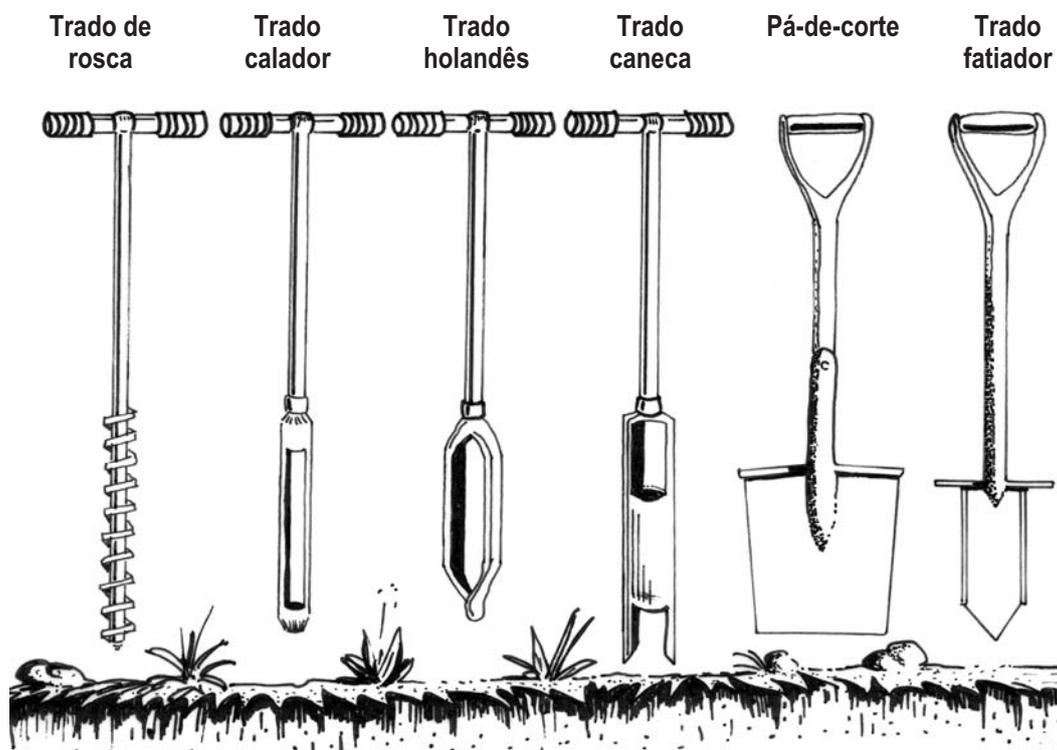


Figura 3.1. Amostradores de solo para a avaliação da fertilidade.

Contudo, tanto o trado holandês como o de rosca dificultam a coleta de solo pela perda de parte da camada superficial (1 a 2 cm) do solo. Essa perda é evitada com a utilização do trado caneca (um cilindro com 4 a 8 cm de diâmetro, provido de garras na extremidade), ou do trado calador. Esse cuidado é essencial na amostragem do solo de lavouras no plantio direto ou nas áreas com aplicação superficial de adubos ou de corretivos. A retirada do solo da caneca é, entretanto, dificultada em solos muito argilosos e úmidos.

O trado fatiador (modelo australiano), constituído por um calador aberto de paredes retangulares, é adequado para a amostragem do solo até 10 cm de profundidade, principalmente em pastagens. Apresenta as mesmas vantagens do trado caneca, porém sem a dificuldade da retirada da fatia de solo amostrada.

Além dos amostradores da Figura 3.1, podem ser utilizados também equipamentos automatizados, nos quais um braço hidráulico insere o amostrador no solo, podendo ser acoplado ao trator ou a um pequeno veículo automotor, para a retirada sistematizada de amostras em áreas de agricultura de precisão. Pode ser utilizado também um trado de rosca acoplado a uma furadeira movida à bateria, própria ou conectada à do veículo. Nesse equipamento, a parte perfuradora do solo (rosca) deve ser ajustada a um coletor (na forma de copo com abertura central em fundo côncavo) de forma a evitar a perda do solo superficial. Uma vantagem importante desse equipamento é a facilidade de coleta das amostras, especialmente em condições de solo seco, em que os outros amostradores apresentam maiores dificuldades de utilização.

3.5 - PROCEDIMENTO DE COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

3.5.1 - Subdivisão da propriedade em glebas homogêneas

A primeira fase da amostragem consiste em dividir a propriedade em glebas homogêneas, considerando-se o tipo de solo, a topografia, a vegetação e o histórico de utilização. Os solos podem ser separados conforme a cor, a textura, a profundidade do perfil, a topografia ou por outros atributos. Se todos esses atributos forem homogêneos na mesma área, porém forem utilizadas diferentes rotações e sucessões de culturas ou manejos de adubação ou de calagem, então a amostragem deve ser também fracionada, conforme as variações apresentadas.

A Figura 3.2, a título de exemplo, apresenta diversas situações que podem ser encontradas na propriedade. Deve-se observar também outras particularidades como por exemplo, a "mancha" (área 3) e áreas adubadas com fosfatos naturais reativos (área 2). Para esta última é recomendada a determinação do fósforo pelo método da resina (itens 4.1.1, p. 41 e 5.3.1.b, p. 51).

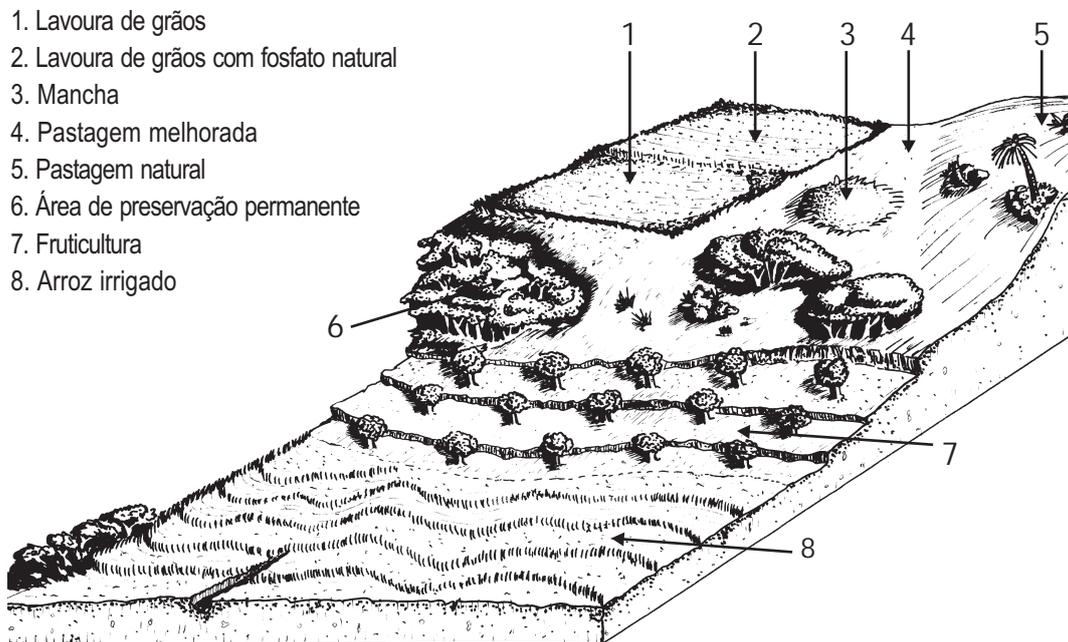


Figura 3.2. Plano de amostragem de uma propriedade, com diferentes declividades e usos de solo.

3.5.2 - Amostragem nos sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo

Como as operações de preparo tendem a uniformizar o solo, todos os amostradores de solo (Figura 3.1) são eficientes e podem ser utilizados para a coleta das subamostras recomendadas para cada área uniforme de lavoura manejada nesses sistemas de cultivo. Para culturas anuais, como milho, trigo, arroz, soja e pastagem, recomenda-se amostrar o solo na camada mobilizada, ou seja, de zero a 20 cm de profundidade. Se a amostragem for feita antes do preparo do solo, com as linhas de adubação da cultura ainda preservadas, seguir os procedimentos indicados para o sistema plantio direto (amostragem de solo de entrelinha à entrelinha, item 3.5.3), mantendo, porém, a profundidade de coleta de zero a 20 cm.

Para as espécies perenes (frutíferas e florestais), recomenda-se amostrar o solo nas camadas de zero a 20 cm e, em alguns casos, de 20 a 40 cm de profundidade, antes de iniciar o cultivo (ver Tabela 6.6, p. 68). Após o plantio, pode-se coletar amostras de zero a 20 cm de profundidade para a reavaliação da fertilidade do solo. Outras informações sobre a amostragem de solo, para algumas espécies perenes, constam nas recomendações dessas culturas (Capítulos 14 e 15, p. 213 e 283).

O número de subamostras a coletar por área homogênea é de 10 a 20 (média de 15). Os procedimentos para a amostragem de solo com diferentes amostradores de solo são ilustrados na Figura 3.3.

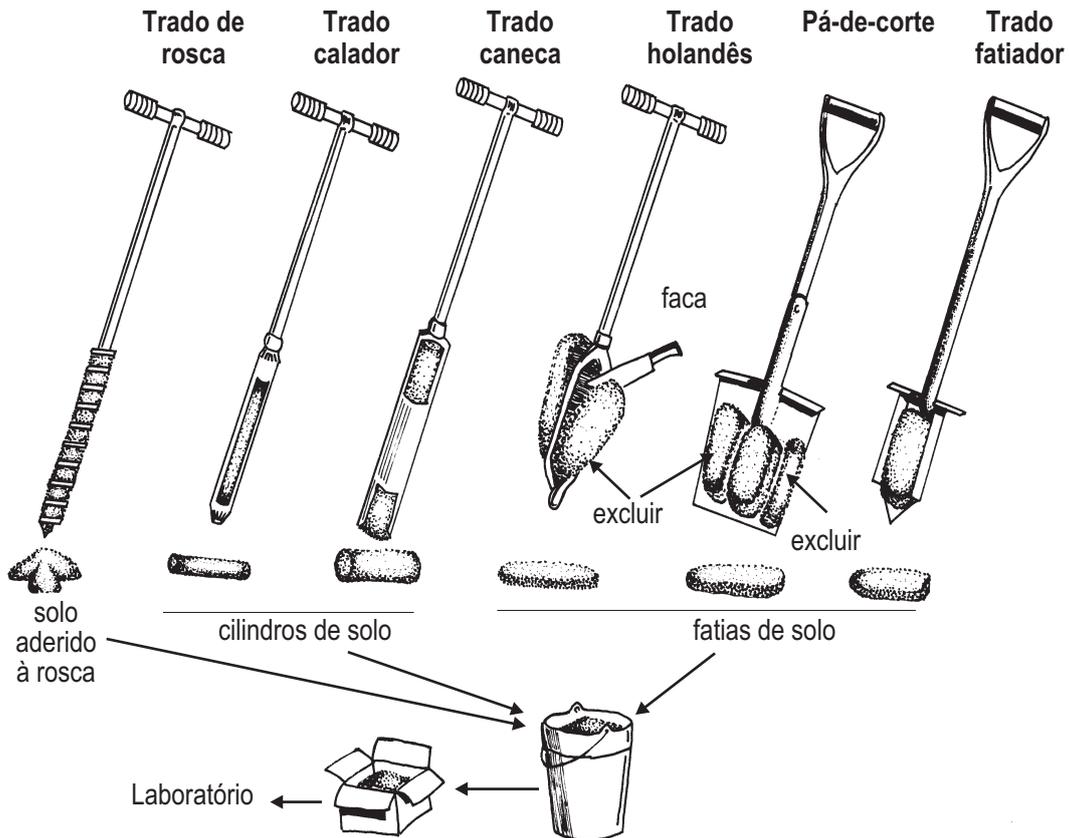


Figura 3.3. Procedimentos de amostragem no sistema convencional com diferentes amostradores de solo.

3.5.3 - Amostragem no sistema plantio direto

Eficácia dos amostradores utilizados

A pá-de-corte é a mais indicada para a amostragem de solo no sistema plantio direto, tanto em áreas com adubação a lanço como em linha.

Para cumprir os requisitos especificados no item 3.4, a coleta de uma amostra de solo representativa com os trados de rosca ou calador exigiria a retirada de um grande número de subamostras (50 a 200, dependendo do espaçamento entre as linhas da cultura), devido ao tipo de variabilidade (adubação na linha de semeadura) e

ao pequeno volume de solo coletado (Nicolodi et al., 2000; Schlindwein & Anghinoni, 2002).

Embora o trado de rosca seja o amostrador de uso mais fácil para a coleta de amostras de solo, ele não é adequado para o sistema plantio direto. Além da necessidade de coletar um grande número de subamostras, ocorre, especialmente em solos secos, perda da camada superficial (de 1 a 2 cm), na qual os teores de matéria orgânica e de nutrientes são normalmente maiores. Essa perda pode ser de até 30% do teor de nutrientes, induzindo a erros na recomendação de adubação. O mesmo pode ocorrer com o trado holandês.

Camada de solo a ser amostrada

Na instalação do sistema plantio direto, a partir de lavouras de preparo convencional ou de campo natural com revolvimento do solo, recomenda-se coletar amostras na camada de zero a 20 cm de profundidade (Tabela 3.1). No caso do sistema plantio direto ter sido iniciado a partir de campo natural sem revolvimento do solo ou da

Tabela 3.1. Sugestão de amostradores e profundidades da camada de solo para a amostragem em diferentes grupos de culturas e sistemas de cultivo⁽¹⁾

Culturas	Sistema de cultivo	Camada de solo (cm)	Amostradores de solo
Grãos e outras culturas comerciais	Convencional	0 - 20	Todos
	Plantio direto em implantação	0 - 20	Todos
	Plantio direto consolidado	0 - 10 ⁽²⁾	Pá-de-corte ou trado calador ⁽³⁾ no sentido transversal às linhas de adubação
Forrageiras	Campo natural	0 - 20	Todos
	Convencional	0 - 20	Todos
	Plantio direto	0 - 10 ⁽²⁾	Todos
Hortaliças, raízes e tubérculos	Convencional	0 - 20	Todos
Frutíferas	Convencional	0 - 20 20 - 40 ⁽⁴⁾	Todos
Essências florestais	Convencional	0 - 20 20 - 40 ⁽⁴⁾	Todos

⁽¹⁾ Coletar de 10 a 20 subamostras por gleba uniforme de lavoura (15 em média).

⁽²⁾ A amostragem de zero a 20 cm, com separação das frações de zero a 10 e de 10 a 20 cm, constitui importante subsídio para fins de monitoramento, especialmente em lavouras implantadas sem a correção da fertilidade do solo.

⁽³⁾ Procedimento alternativo ao da pá-de-corte (p. 33).

⁽⁴⁾ Consultar a cultura específica para determinar a necessidade de amostrar na profundidade de 20-40 cm.

amostragem do solo no sistema plantio direto consolidado, recomenda-se amostrar a camada de zero a 10 cm de profundidade. Ocasionalmente, a amostragem na camada de 10 a 20 cm pode ser útil para verificar se há limitações de fertilidade nessa camada, mormente quanto à acidez do solo.

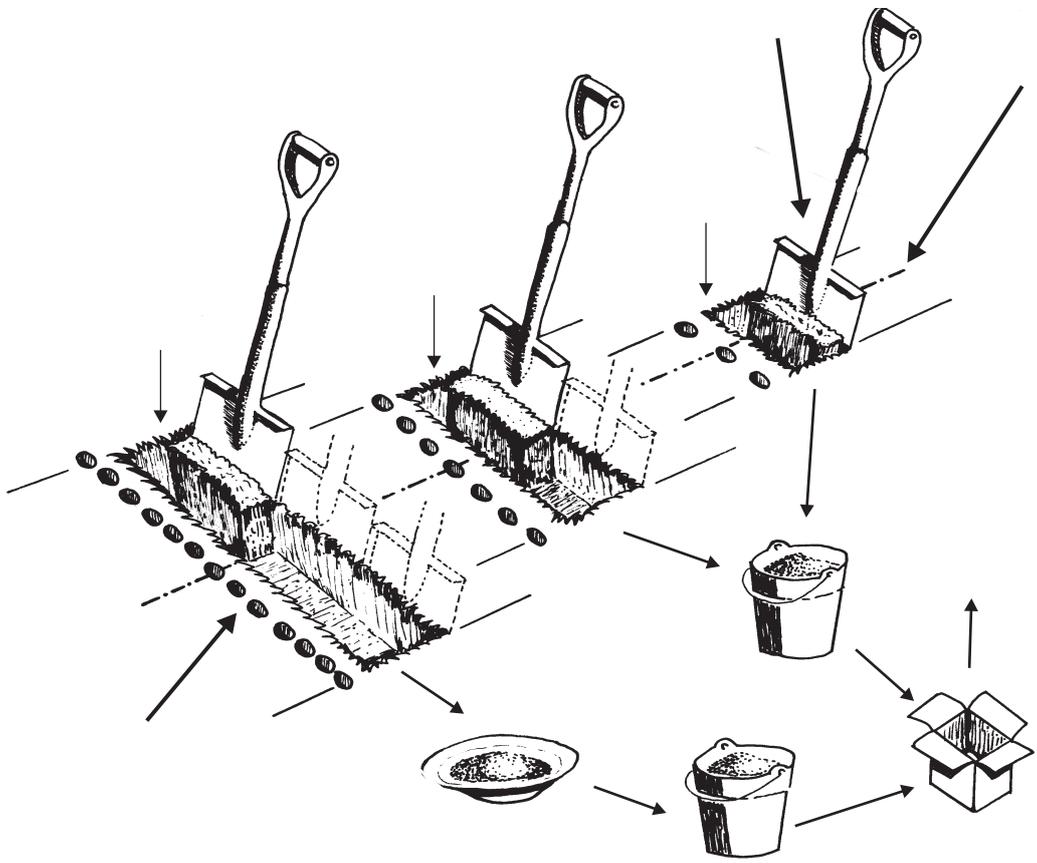
Procedimento de coleta com pá-de-corte

a. Em lavouras adubadas em linha

O procedimento para a coleta consiste em:

- localizar na lavoura as linhas de adubação (linhas de plantas);
- remover da superfície a vegetação, as folhas, os ramos e as pedras;
- cavar uma pequena trincheira (cova), conforme ilustrado na Figura 3.4, com a largura correspondente ao espaçamento entre as linhas do último cultivo, tendo-se o cuidado de que a linha em que foi aplicado o adubo esteja localizada na parte mediana dessa cova (para facilitar a coleta, recomenda-se efetuar a amostragem preferencialmente nas culturas de menor espaçamento, como trigo, cevada ou soja);
- cortar com a pá uma fatia de 3 a 5 cm de espessura em toda a parede da cova, na camada de zero a 20 cm de profundidade na fase de instalação e de zero a 10 cm na fase consolidada do sistema plantio direto (esta fatia deve ter espessura uniforme);
- colocar a amostra de solo em um balde de ≈ 20 litros;
- repetir o mesmo procedimento em aproximadamente 15 pontos na área homogênea a amostrar;
- espalhar o solo sobre uma lona plástica limpa, se o balde for pequeno, e homogeneizar muito bem (umedecer um pouco se o solo apresentar muitos torrões); e,
- retirar $\frac{1}{2}$ kg do solo, colocar em saco de plástico limpo, etiquetar, preencher o formulário de informações e remeter a amostra ao laboratório.

A utilização desse procedimento em culturas com grande espaçamento entre as linhas (milho, por exemplo) requer a coleta de um volume grande de solo, dificultando a homogeneização das subamostras. Nesse caso, após homogeneizar a subamostra do primeiro ponto em um balde (ou em qualquer recipiente adequado), retirar uma porção de solo (± 300 g) e colocar em um segundo balde (Figura 3.4). Repetir o procedimento nos demais pontos de coleta. Assim, a coleta de 15 subamostras por esse procedimento totaliza aproximadamente 4,5 kg de solo que deve ser convenientemente homogeneizado, retirando-se $\frac{1}{2}$ kg para ser enviado ao laboratório.



a. Coleta transversal às linhas de adubação

Neste procedimento (Figura 3.4), cada subamostra é composta por um ponto sobre a linha de adubação e vários pontos situados lateral e transversalmente às linhas de adubação em número variável, conforme a distância das entrelinhas (Nicolodi et al., 2002).

Para culturas com pequeno espaçamento (15 a 20 cm) de entrelinhas (por exemplo, trigo, cevada, aveia, etc):

- coletar um ponto na linha de adubação mais um ponto de cada lado, totalizando três pontos de coleta para cada subamostra.

Para culturas com espaçamento médio (40 a 50 cm) de entrelinhas, (por exemplo, soja):

- coletar um ponto na linha de adubação mais três pontos de cada lado, totalizando sete pontos de coleta para cada subamostra.

Para culturas com espaçamento maior (60 a 80 cm) de entrelinhas (por exemplo, milho):

- coletar um ponto na linha de adubação mais seis pontos de cada lado, totalizando 13 pontos de coleta para cada subamostra.

O número de subamostras (locais) necessárias para formar a amostra composta de cada gleba uniforme da lavoura varia de 10 a 20 (15 em média).

No procedimento ilustrado na Figura 3.4, o trado calador pode ser substituído pelo trado-de-rosca acoplado a uma furadeira movida à bateria com um dispositivo que evite a perda da camada superficial do solo.

b. Coleta nas entrelinhas de adubação

Neste procedimento, as subamostras são coletadas nas entrelinhas de adubação da cultura anterior ou da cultura em desenvolvimento. Com isso, a variabilidade dos parâmetros indicativos da fertilidade é menor, podendo ser utilizados os procedimentos recomendados para o preparo convencional ou cultivo mínimo (item 3.5.2), ou seja: a retirada de 10 a 20 subamostras por área homogênea, com amostradores (Figura 3.1) que não percam a camada superficial (1 a 2 cm) de solo.

Esse procedimento é mais fácil, porém, por não considerar o efeito da última adubação, pode subestimar os teores de nutrientes no solo e superestimar a adubação, principalmente para as faixas de teores "Muito baixo" e "Baixo". Para os teores no

solo nas faixas "Alto" e "Muito alto", isso provavelmente não resultará em adubações maiores do que as adequadas ao desenvolvimento das culturas.

3.6 - AMOSTRAGEM DO SOLO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Agricultura de precisão consiste na aplicação de tecnologias de avaliação e manejo da variabilidade espacial dos parâmetros de solo e das culturas. São utilizados sistemas geo-referenciados (que estabelecem a localização geográfica com acurácia razoável) de coleta de amostras de solo e de aplicação de insumos a taxas variáveis, ou seja, com doses ajustadas à condição agrônômica de cada ponto dentro de uma lavoura. A agricultura de precisão requer a determinação das coordenadas geográficas dos pontos de amostragem.

O número de amostras coletadas para análise nesse sistema é muito maior do que na amostragem feita tradicionalmente. Após a análise de solo, os dados são tabulados e transferidos para "softwares" apropriados para estudo de dados geo-referenciados. Esses apresentam diversas opções de interpolação dos dados para a geração de mapas de fertilidade da lavoura, usualmente um mapa para cada nutriente ou indicador de fertilidade. Também podem ser gerados mapas de recomendações de adubação para os sistemas de distribuição de fertilizantes e corretivos à taxa variável.

A delimitação da área é efetuada por percorrimto, coletando-se as coordenadas geográficas em determinados intervalos de tempo. A identificação de pontos de referência como estradas, postes, matas, cursos d'água, benfeitorias, etc. facilita a interpretação do mapa.

Os princípios básicos da amostragem do solo também se aplicam à amostragem de precisão. Um número suficiente de amostras deve ser coletado para caracterizar adequadamente os parâmetros indicativos da fertilidade do solo de uma determinada área de lavoura.

3.6.1 - Procedimento de coleta de amostras de solo

Existem dois procedimentos básicos para a amostragem de solo na agricultura de precisão: a) amostragem sistemática em grades e b) amostragem dirigida. Ambos utilizam os mesmos princípios, mas se aplicam a diferentes situações.

a) Amostragem sistemática em grades

Essa amostragem, efetuada em geral na forma de grade, é mais aplicada no caso em que o uso e o manejo prévio da área tenham afetado de forma significativa o nível dos nutrientes; isso pode ocorrer, por exemplo, quando lavouras pequenas com

históricos diferentes dão origem a uma única lavoura ou quando se deseja elaborar um mapa detalhado da variabilidade da fertilidade da área.

Com base num mapa geo-referenciado da área, é feita uma subdivisão em glebas menores, denominadas células ou subáreas que podem variar desde um a vários hectares. Os pontos de amostragem podem ser localizados no centro de cada célula (Figura 3.5a), nas interseções (nós) da grade (Figura 3.5.b) ou, ainda, de forma aleatória dentro das células. Para cada amostra, recomenda-se coletar de 5 a 8 subamostras num raio máximo de 3 m ao redor do ponto geo-referenciado (centro ou nó da grade), para reduzir o efeito da micro e mesovariabilidade resultantes da aplicação de fertilizantes (grânulo ou linha de semeadura) e aumentar o volume de solo amostrado.

Os critérios para o estabelecimento do tamanho das grades e a localização dos pontos de coleta ainda não foram estabelecidos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O tamanho da grade diminui com o aumento da variabilidade espacial dos parâmetros indicativos da fertilidade do solo. No entanto, grades pequenas requerem um número elevado de amostras de solo e, conseqüentemente, maior investimento. Nos Estados Unidos têm sido utilizadas grades de 1 a 5 ha, variando, porém, com a precisão desejada, o tamanho da lavoura e os custos de amostragem e de análise do solo (Coelho, 2003). Para evitar detalhamentos desnecessários, convém estabelecer o tamanho das grades de acordo com o histórico de manejo da área, tipo de solo, topografia e, principalmente, com os mapas de colheita.

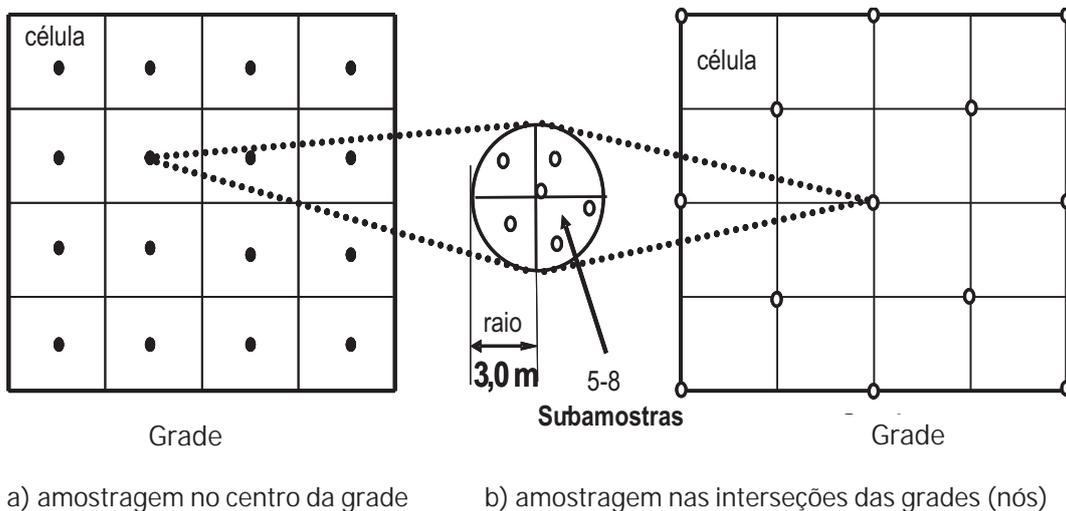


Figura 3.5. Sugestão de procedimento de coleta de amostras geo-referenciadas de solo para elaboração de mapas de fertilidade do solo: (a) amostragem ao centro das células da grade; (b) nas interseções (nós).

O tempo de utilização de um mapa de fertilidade, elaborado a partir de uma amostragem sistemática, pode ser de vários anos. Se houver aplicação de fertilizantes e de corretivos a taxas variáveis, a possibilidade de modificação no teor de nutrientes e nos parâmetros de acidez do solo no tempo é relativamente pequena. A amostragem sistemática tem sido indicada a cada 2 a 4 anos para a elaboração de mapas de fósforo e de potássio disponíveis, a cada 8 a 10 anos para o pH e de 10 a 20 anos para o teor de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions (CTC).

b) Amostragem dirigida

A amostragem dirigida é indicada quando houver um conhecimento prévio da existência de áreas da lavoura em que o rendimento pode estar sendo limitado. Nesse caso, mapas de produtividade, imagens por sensoriamento remoto ou outras informações espaciais disponíveis devem ser utilizados. Essa amostragem pode também ser utilizada quando não tenha ocorrido alguma das situações em que seja recomendada a amostragem sistemática, descrita anteriormente.

Com o mapa geo-referenciado e após a análise das informações disponíveis, incluindo a experiência do interessado (técnico ou produtor), divide-se a lavoura em diferentes áreas de manejo, considerando as características mais gerais. Em geral, a divisão da lavoura em 4 a 6 áreas tem se mostrado adequada aos objetivos da agricultura de precisão. A subdivisão excessiva deve ser evitada.

Para a avaliação da fertilidade de cada área considerada uniforme, coletar, ao acaso e de modo a cobrir toda a área, 10 a 20 subamostras (média 15) e formar uma amostra composta que será enviada ao laboratório para análise. As amostras podem ser geo-referenciadas com aparelho GPS (Global Positioning System) para possibilitar outras coletas, caso necessário.

Os procedimentos para a amostragem dirigida na agricultura de precisão são os mesmos descritos no item 3.5.

3.7 - FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO

A identificação das amostras na propriedade, as informações referentes ao manejo da adubação, à calagem e à seqüência e produtividade das culturas são úteis para o produtor e para o técnico encarregado de interpretar agronomicamente os resultados analíticos e indicar as doses de fertilizantes e de corretivos. Esses dados podem também ser utilizados para a gestão das glebas da propriedade.

As informações de identificação e de localização das lavouras (município, distrito, vila, linha, propriedade, gleba, etc.) permitem o uso dos resultados das análises em levantamentos da fertilidade do solo; estes podem ser utilizados para a validação

do sistema de recomendação adotado, bem como para a verificação dos efeitos de programas específicos, regionais ou locais, na fertilidade do solo ou para a previsão da demanda de insumos e o estabelecimento de políticas agrícolas regionais ou municipais.

Portanto, quanto mais completo for o formulário mais úteis serão as informações obtidas. No Anexo 7, é apresentado um modelo de formulário para atender tanto às necessidades dos produtores e dos técnicos locais como às demandas dos laboratórios de análise de solo.

3.8 - MANUSEIO E ARMAZENAGEM DE AMOSTRAS DE SOLO

Após a coleta do solo, alguns cuidados são importantes para preservar a qualidade do material. Contaminações do solo amostrado podem ocorrer tanto na coleta quanto no manuseio. Uma ferramenta de amostragem enferrujada e, principalmente, uma embalagem com resíduo de fertilizante podem afetar o resultado analítico, principalmente as determinações de micronutrientes. Recomenda-se não expor o solo ao sol, especialmente se embalado em recipiente de plástico fechado, pois o aquecimento do solo aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica e de resíduos, com formação de sais, que podem alterar o pH do solo. Sempre que possível, a amostra deve ser seca ao ar antes de ser enviada ao laboratório. Neste caso, recomenda-se espalhar a amostra úmida sobre uma lona de plástico, à sombra e em local ventilado. Dessa maneira, não é necessário enviar a amostra imediatamente ao laboratório, pois não ocorrerão alterações que possam afetar o resultado da análise. Se a amostra for entregue ao laboratório na mesma semana em que foi coletada, a secagem pode ser dispensada. Deve-se ter cuidado para que a umidade do solo não prejudique a identificação das amostras.

3.9 - AMOSTRAGEM DE TECIDO VEGETAL

A análise de tecido vegetal é uma das técnicas utilizadas para a verificação do estado nutricional das plantas, permitindo uma avaliação complementar das condições de fertilidade do solo. No caso de plantas perenes, especialmente as frutíferas, a análise foliar pode servir também como base para as recomendações de adubação de algumas espécies. A coleta de tecido para análise deve ser feita, portanto, de forma adequada. Havendo suspeita de alguma deficiência nutricional, deve-se coletar separadamente o tecido de plantas com e sem sintomas.

Na maior parte dos casos, a concentração de nutrientes em folhas completamente expandidas de plantas é a melhor indicação do seu estado nutricional, refletindo a condição de fertilidade do solo.

As amostras são geralmente colhidas quando as culturas estão em pleno crescimento vegetativo. É necessário conhecer o estágio recomendado para a coleta das amostras, que varia entre espécies (Tabela 3.2). A seleção da parte amostrada da planta é de grande importância, pois há diferenças no teor de nutrientes entre folhas, caules e raízes. Folhas de plantas com sintomas de deficiência nutricional não devem ser misturadas com folhas de aspecto normal. Cada amostra deverá conter folhas de mesma idade fisiológica e do mesmo cultivar. As folhas de plantas que não representem a condição média da lavoura ou do pomar não devem ser colocadas na mesma amostra.

Alguns cuidados na coleta, no manuseio e na armazenagem da amostra de tecido vegetal são:

- selecionar a parte da planta a ser coletada, conforme as recomendações específicas dos cultivos (Tabela 3.2);
- escolher folhas sem doenças e que não tenham sido danificadas por insetos ou por outro agente;
- limpar as folhas dos resíduos de pulverização e/ou poeira logo após a coleta, por meio de lavagem com água limpa;
- evitar o contato das folhas coletadas com inseticidas, fungicidas e fertilizantes;
- colocar a amostra em sacos novos de papel ou em embalagem fornecida pelos laboratórios de análise de tecido; se for solicitada a análise de boro, usar papel encerado, pois o papel comum contamina a amostra com boro;
- identificar a amostra e preencher o formulário, indicando os elementos a serem determinados;
- elaborar um mapa de coleta que permita, pela identificação da amostra, localizar a área em que foi feita a amostragem;
- enviar as amostras o mais breve possível ao laboratório; se o tempo previsto para a amostra chegar ao laboratório for superior a dois dias, é recomendado secar o material ao sol, mantendo a embalagem aberta.

Os procedimentos para a coleta de folhas para alguns grupos de culturas são apresentados na Tabela 3.2; para outros grupos de culturas (hortaliças, frutíferas, etc.) são apresentados nos Capítulos 12 a 17.

Tabela 3.2. Procedimento de amostragem para a diagnose foliar de algumas culturas de grãos, forrageiras e outras culturas comerciais ⁽¹⁾

Cultura ⁽²⁾	Parte da planta	Idade, época e posição da folha	Amostra
Grãos			
Amendoim	Folha com pecíolo	Tufo apical do ramo principal, a partir da base, sem contar os ramos cotilédones	50 plantas
Arroz	Folha bandeira	Início do florescimento	50 folhas
Aveia	Folha bandeira	Início do florescimento	50 plantas
Centeio	Folha bandeira	Início do florescimento	50 plantas
Cevada	Folha bandeira	Início do florescimento	50 plantas
Feijoeiro	Folhas com pecíolo	Terceiras folhas do terço médio, no florescimento	30 plantas
Girassol	Folhas do terço superior	Folha inteira, no início do florescimento	30 folhas
Milho	Folha	Terço central da folha oposta e abaixo da espiga, na fase do pendramento (50% de plantas pendoadas)	30 plantas
Soja	Folha com pecíolo	Terceiras folhas do terço superior, no florescimento	30 plantas
Sorgo	Folha	Trinta cm do terço médio da folha +4, a partir do ápice, excluída a nervura central, no florescimento	30 plantas
Tremoço	Folhas	Florescimento	10 plantas
Trigo	Folha bandeira	Início do florescimento	50 plantas
Triticale	Folha bandeira	Início do florescimento	50 plantas
Forrageiras			
Gramíneas	Folha inteira	Recém-maduras	30 plantas
Leguminosas	Folha expandida recém-madura	Florescimento	30 plantas
Outras culturas comerciais			
Cana-de-açúcar	Folhas	Vinte cm centrais da folha +3, excluída a nervura central, aos 9 meses de idade. Na cana do ano, a amostragem é feita aos 4-5 meses de idade	100 plantas
Fumo	Folhas	Duas folhas por planta, o 3 ^o par (uma de cada lado das linhas) a partir do ápice de ramos frutíferos, no florescimento	30 plantas

⁽¹⁾ Adaptado de Malavolta (1987); Lopes & Coelho (1988); Rajj et al. (1997).

⁽²⁾ O procedimento de amostragem para outras culturas (hortaliças, frutíferas, etc.) é descrito nos Capítulos 12 a 17.

MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO, PLANTAS, MATERIAIS ORGÂNICOS E RESÍDUOS

A análise do solo é o principal meio para a diagnose da necessidade de corretivos e de fertilizantes da maioria das culturas, principalmente as de ciclo anual. Todos os laboratórios integrantes da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal do RS e de SC (ROLAS) utilizam os mesmos métodos, mantendo-se permanente monitoramento da qualidade das análises. Serão apresentados a seguir os métodos para:

- a) a caracterização básica da fertilidade do solo e os cálculos dos valores relacionados a estas determinações;
- b) a determinação dos teores de enxofre e de micronutrientes em solo;
- c) a determinação dos teores de nutrientes em plantas; e,
- d) a análise de materiais orgânicos e de resíduos.

4.1 - ANÁLISES DE SOLO

4.1.1 - Diagnóstico da fertilidade do solo (análise básica)

A uniformização da metodologia analítica é essencial para a correta interpretação dos resultados. Os métodos utilizados nas análises de caracterização da fertilidade do solo com a finalidade de recomendar corretivos e fertilizantes estão sendo aperfeiçoados desde a criação da ROLAS, em 1968. Uma das principais modificações foi a inclusão da determinação rápida do teor de argila em 1987, sendo necessária para a interpretação do teor de fósforo. O método da resina de troca aniônica em lâminas para a determinação de fósforo (Bissani et al., 2002) é recomendado para solos

adubados com fosfato natural nos últimos dois anos. Detalhes referentes aos protocolos dos procedimentos analíticos a seguir relacionados constam em Tedesco et al. (1995) e em Gianello et al. (2005).

As seguintes determinações compõem a análise básica (ou de rotina) e são feitas por todos os laboratórios integrantes da ROLAS:

Teor de argila: a determinação do teor de argila do solo é feita pelo método do densímetro, após dispersão com álcali (Tedesco et al., 1995; Gianello et al., 2005), sendo expressa em % (m/v). Essa determinação é necessária para estabelecer a classe textural e a interpretação do teor de fósforo do solo extraído pelo método Mehlich-1 (item 5.3.1.a). Na análise usam-se 10 cm³ de solo.

pH do solo: é determinado por potenciômetro na suspensão solo-água, na proporção de 1:1. Na análise usam-se 10 cm³ de solo e 10 mL de água.

Necessidade de calcário: é determinada pelo método SMP (Shoemaker et al., 1961), adaptado por Wayne Kussow e descrito por Mielniczuk et al. (1969a). O método baseia-se no uso de uma solução tamponada a pH 7,5. Como forma de medida da acidez potencial do solo, determina-se o pH de equilíbrio dessa solução quando em contato com o solo, denominado índice SMP. O pH de equilíbrio da mistura solo:solução SMP é relacionado à quantidade de calcário necessária para a correção da acidez do solo. O índice SMP pode ser utilizado para indicar as quantidades de calcário necessárias para elevar o pH do solo a 5,5, 6,0 ou 6,5 (Tabela 6.2). Na análise utiliza-se a mesma amostra da determinação do pH em água.

Acidez potencial (H+Al): é estimada pelo índice SMP, sendo o valor obtido pela equação (Kaminski et al., 2001):

$$H+Al = \frac{e^{(10,665-1,1483SMP)}}{10}$$

O valor é expresso em cmol_c/dm³.

Fósforo extraível pelo método Mehlich-1: é a fração extraída por uma solução composta pela mistura de ácido clorídrico (0,05 mol/L) e ácido sulfúrico (0,0125 mol/L), conhecida como solução de Mehlich-1 (Nelson et al., 1953). O teor obtido representa o P na solução, o P adsorvido na superfície de óxidos e hidróxidos de Fe e de Al e, em menor quantidade, o P ligado ao Ca. A determinação é feita por colorimetria, empregando molibdato de amônio e uma solução redutora. Os teores são expressos em mg/dm³. Na análise usam-se 3 cm³ de solo.

Potássio extraível: é quantidade composta pelo potássio da solução do solo e o K adsorvido às cargas negativas do solo (K trocável). Utiliza-se também o extrator de Mehlich-1. O teor de potássio no extrato é determinado por fotometria de chama. A quantidade extraída é semelhante ao teor de potássio trocável, extraído com acetato de amônio. O teor é expresso em mg/dm^3 . Neste extrato pode ser também determinado o sódio trocável, por fotometria de chama. Na análise utiliza-se a mesma amostra da determinação de fósforo.

Matéria orgânica: é determinada por combustão úmida, utilizando-se dicromato de sódio e ácido sulfúrico. A matéria orgânica é oxidada e o dicromato é reduzido, ocorrendo modificação na cor da solução, que é proporcional ao teor de matéria orgânica do solo. A determinação da intensidade da cor da solução é feita por colorimetria. Com base no teor de matéria orgânica, avalia-se, indiretamente, a disponibilidade de nitrogênio do solo. Os valores são expressos em % (m/v). Na análise usam-se $1,5 \text{ cm}^3$ de solo.

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis: são extraídos por cloreto de potássio $1 \text{ mol}/\text{L}$. Numa fração do extrato, o alumínio é titulado com hidróxido de sódio, na presença de azul de bromotimol (ou fenolftaleína). Em outra fração, o cálcio e o magnésio são determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Alguns laboratórios determinam os teores de Ca e de Mg por titulação, ambos com EDTA. Neste caso, primeiro é feita a titulação de Ca+Mg e, depois, a do Ca, calculando-se o teor de Mg por diferença. Os teores são expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Na análise usam-se $2,5 \text{ cm}^3$ de solo.

Capacidade de troca de cátions (CTC): é calculada pela soma dos cátions de reação básica trocáveis (K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} e, às vezes Na^+) e dos cátions ácidos (H^+ + Al^{3+}). Para o cálculo da CTC ao pH natural do solo (na análise), denominada CTC efetiva, é somado o cátion Al^{3+} aos cátions de reação básica:

$$\text{CTC}_{\text{efetiva}} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Al}^{3+}.$$

A capacidade de troca de cátions a pH 7,0 é calculada por:

$$\text{CTC}_{\text{pH } 7,0} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}).$$

Observações:

- a) o teor de Na^+ nos solos ácidos em geral é baixo e normalmente não é incluído no cálculo;

b) para expressar o teor de K^+ em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{cmol}_c \text{ de } K^+/\text{dm}^3 = \text{mg de } K^+ / 391.$$

Os valores da $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$ e da $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ são utilizados para os cálculos da saturação por alumínio e por bases, obtidos da seguinte maneira:

Saturação da $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$ por Al

A saturação por Al (valor m) é calculada por:

$$m = \frac{\text{Al} \times 100}{\text{CTC}_{\text{efetiva}}}$$

Saturação da $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ por bases

A fração da CTC (calculada a pH 7,0) ocupada pelos cátions de reação básica representa a porcentagem das cargas negativas do solo neutralizadas por cátions de reação básica, denominada saturação por bases (valor V), sendo calculada por:

$$V = \frac{S \times 100}{\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}}$$

em que:

S = soma dos cátions de reação básica ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$) em $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$.

Relações entre cátions: os laudos podem conter também diversas relações entre cátions tais como: Ca/Mg; Ca/K; Mg/K e $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})^{1/2}$. Estas relações devem ser calculadas utilizando-se unidades iguais de expressão de resultados.

Determinação alternativa de fósforo por resina de troca aniônica: essa determinação é recomendada para solos adubados com fosfato natural nos últimos dois anos. Em solos não adubados com fosfatos naturais, os coeficientes de correlação determinados entre as quantidades de fósforo absorvido pelas plantas e as extraídas pelo método Mehlich-1 ou por resina de troca aniônica são semelhantes (Kroth, 1998; Bissani et al., 2002). Por isso, não é necessário determinar o P pelo método da resina. A utilização de resina de troca em lâminas, em vez de em esfera (Raj & Quaggio, 1983), dispensa a etapa de moagem úmida da amostra para a separação da resina do solo; a lâmina de resina é simplesmente retirada da suspensão com pinça, sendo o teor de P determinado por colorimetria na solução ácida da extração da resina (Gianello et al., 2005).

4.1.2 - Diagnóstico da disponibilidade de enxofre e de micronutrientes

Alguns laboratórios determinam os teores de enxofre e de micronutrientes (B, Mn, Cu, Zn e Fe). Os métodos de extração e de determinação são os seguintes:

Cobre e zinco: são extraídos com HCl 0,1 mol/L e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; os valores são expressos em mg/dm³. As determinações de Cu e de Zn podem ser feitas também no extrato da solução de Mehlich-1. As quantidades extraídas são, entretanto, aproximadamente 30% menores que as determinadas no extrato de HCl 0,1 mol/L (Bortolon et al., 2004). Na análise usam-se 10 cm³ de solo.

Enxofre: é extraído com solução de fosfato de cálcio contendo 500 mg de P/L, determinando-se o teor de sulfato por turbidimetria com cloreto de bário, após a digestão do extrato com ácido perclórico; os valores são expressos em mg/dm³. Na análise usam-se 10 cm³ de solo.

Boro: é extraído com água quente e determinado por colorimetria, com curcuma; os valores são expressos em mg/dm³. Na análise usam-se 5 cm³ de solo.

Manganês: é determinado por espectrofotometria de absorção atômica no mesmo extrato da solução de Mehlich-1, representando o manganês trocável; os valores são expressos em mg/dm³. Utiliza-se a mesma solução da determinação de fósforo e potássio.

Ferro: é extraído com oxalato de amônio a pH 3,0, sendo determinado por espectrofotometria de absorção atômica. A forma química extraída é o ferro de compostos amorfos (ou de baixa cristalinidade) do solo; os valores são expressos em g/dm³. Na análise usam-se 1,5 cm³ de solo.

4.2 - ANÁLISE DE TECIDO DE PLANTAS

A determinação dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg é feita no extrato de digestão da amostra com H₂O₂ + H₂SO₄ conc. + mistura de digestão. Os micronutrientes Zn, Cu, Mn, Fe e o Na e o S são determinados no extrato com HNO₃ + HClO₄. Os elementos P, K, Ca e Mg também podem ser determinados neste extrato. O boro e o molibdênio são determinados nas cinzas de calcinação da amostra (Tedesco et al., 1995; Gianello et al., 2005). Os teores de macronutrientes são expressos em % (m/m), e os de micronutrientes em mg/kg.

4.3 - ANÁLISE DE MATERIAIS ORGÂNICOS E DE RESÍDUOS DIVERSOS

Os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) são determinados da mesma forma que em tecido de plantas, desde que os teores sejam inferiores à solubilidade dos respectivos sais.

A presença de terra nesses materiais dificulta a digestão ácida das amostras em bloco digestor utilizado nas análises de tecido de plantas. A determinação dos elementos metálicos (Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Cr, etc.) pode ser feita alternativamente em placa quente, utilizando-se copos de beaker (formato alto, de 250 mL), com H₂O₂ e ácidos nítrico e clorídrico, conforme metodologia proposta pela USEPA (1996 - método 3050) e descrita por Gianello et al. (2005). P, K, Ca e Mg podem ser também determinados no mesmo extrato.

Essa metodologia pode também ser utilizada para determinação dos teores "totais" desses elementos em solos e sedimentos.

4.4 - CONTROLE DE QUALIDADE DAS ANÁLISES

O controle da qualidade de análises de solo nos Estados do RS e de SC é feito desde 1972, pela distribuição mensal de quatro amostras a todos os laboratórios da ROLAS. Os resultados das determinações (análise básica e de micronutrientes) são analisados estatisticamente (Wiethölter, 2002a). Os laboratórios que apresentam resultados com elevado padrão de qualidade (exatidão) recebem o selo anual de qualidade que é afixado ao laudo de análise.

O controle de qualidade de análises de plantas é feito por programa de âmbito nacional, de forma semelhante ao programa da ROLAS, sob a responsabilidade da SBCS, e atualmente coordenado pela ESALQ (USP).

DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS

O diagnóstico da fertilidade do solo é feito pelo enquadramento dos resultados das análises de solo e de tecido vegetal em amplitudes de valores (faixas), conforme a probabilidade de resposta das culturas. A interpretação de resultados analíticos por faixas de teores será apresentada na seguinte seqüência: indicadores de acidez, teores de argila e de matéria orgânica, CTC, teores de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio, de enxofre e de micronutrientes no solo e teores de macro e de micronutrientes em tecido vegetal.

As faixas de disponibilidade de nutrientes são estabelecidas com base em resultados de pesquisa a campo, em que o rendimento relativo das culturas em diferentes solos, e por vários anos, é relacionado com os teores dos nutrientes no solo (ou nas plantas). Dessa forma, entende-se por calibração de um método de análise, a relação entre o teor no solo e o rendimento das culturas. Com base nestas curvas de calibração, foram definidos os teores críticos, acima dos quais a probabilidade de resposta das culturas à adição de fertilizantes e corretivos é pequena ou nula. Assim, quanto menor o teor do nutriente do solo em relação ao teor crítico estabelecido, maior será a probabilidade de resposta das culturas à adubação.

Nas Figuras 5.1 e 5.2 são mostradas as curvas de calibração para fósforo e potássio, respectivamente. O grau de detalhamento das faixas é determinado com base na importância regional das culturas e na quantidade de dados obtidos em trabalhos de pesquisa. Assim, para esses nutrientes foram estabelecidas cinco faixas de interpretação agrônômica dos resultados de análises de solo, três delas entre os valores zero e o teor crítico, pela divisão em intervalos uniformes, denominadas "Muito

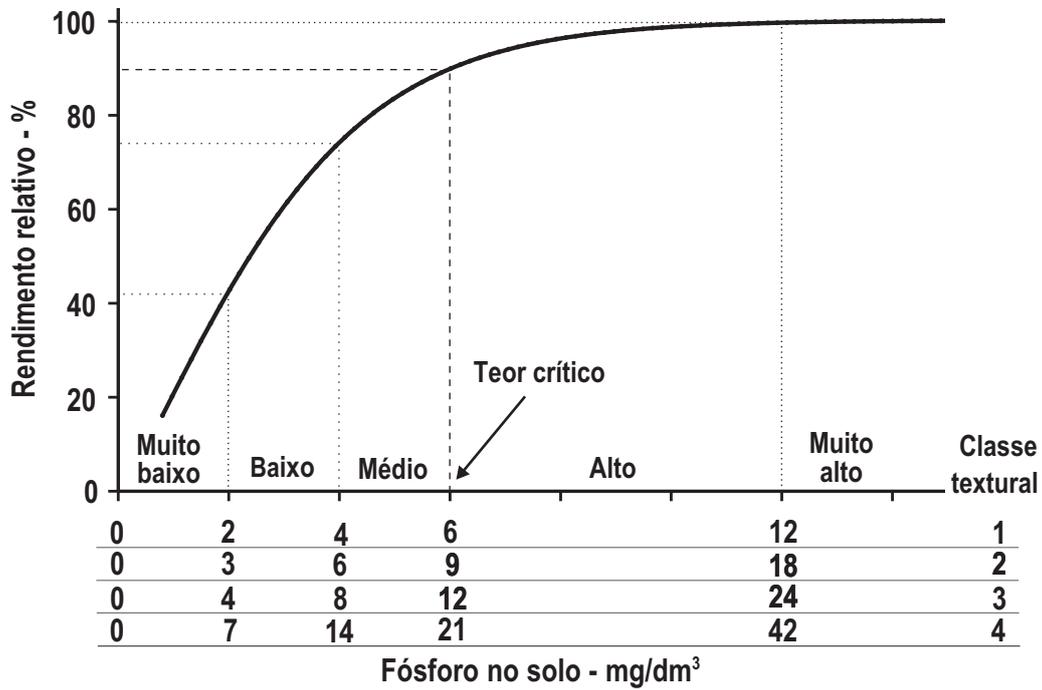


Figura 5.1. Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de fósforo no solo extraído pela solução de Mehlich-1.

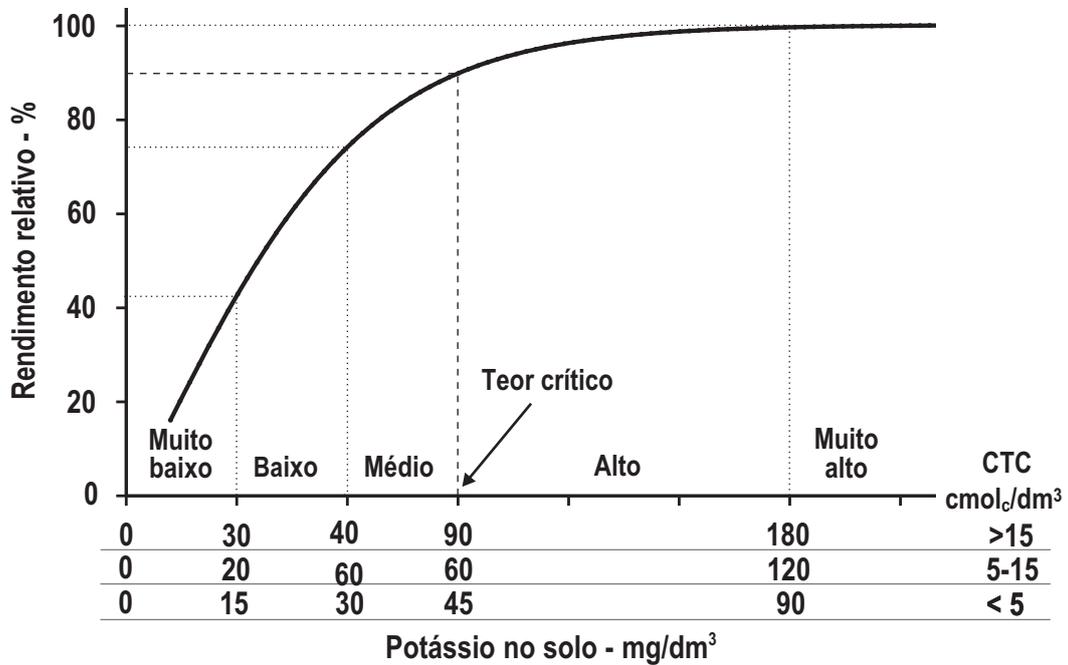


Figura 5.2. Relação entre o rendimento relativo de culturas e o teor de potássio no solo extraído pela solução de Mehlich-1.

baixo", "Baixo" e "Médio", e duas para os valores superiores ao valor de teor crítico, denominadas "Alto" e "Muito alto".

Por esse critério, o teor crítico é o limite inferior da faixa "Alto", em que normalmente obtêm-se rendimentos próximos à máxima eficiência econômica das culturas. Em geral, esse rendimento situa-se próximo a 90% do rendimento relativo máximo. Às faixas "Muito baixo", "Baixo" e "Médio" correspondem rendimentos relativos menores que são, aproximadamente, 40%, de 40 a 75% e de 75 a 90% do rendimento máximo, respectivamente, indicando situações de probabilidade de resposta à adição do nutriente, muito alta, alta e média. A faixa "Alto" varia entre o teor crítico até duas vezes este valor. Denomina-se "Muito Alto", a faixa com valores acima do limite superior da faixa "Alto". Os teores na faixa "Muito alto" podem, eventualmente, ser excessivos e restringir o rendimento das culturas.

O nível adequado, também denominado faixa adequada, corresponde à faixa "Alto". O objetivo do sistema de recomendação de fertilizantes é atingir e permanecer nesta faixa. Para esse caso, a quantidade de fertilizantes para todas as culturas corresponderá à manutenção, que é a reposição dos nutrientes exportados pelos produtos (grãos, massa seca, carne, etc) mais uma quantidade equivalente às eventuais perdas do sistema.

5.1 - INTERPRETAÇÃO DOS INDICADORES DE ACIDEZ DO SOLO

O diagnóstico da acidez do solo é feito pela interpretação dos valores de pH em água e pela porcentagem da saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ por bases e da $CTC_{efetiva}$ por alumínio. A utilização desses indicadores para a recomendação de corretivos é apresentada no Capítulo 6 e no item 7.8.1, considerando-se a sensibilidade das culturas à acidez e o sistema de manejo específico. A interpretação dos valores de pH em água, da saturação da CTC por bases e por alumínio é apresentada na Tabela 5.1.

5.2 - INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE ARGILA E DE MATÉRIA ORGÂNICA E DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS

A interpretação dos teores de argila e de matéria orgânica e dos valores de capacidade de troca de cátions (CTC) do solo é apresentada na Tabela 5.2. O agrupamento dos solos de acordo com o teor de argila é necessário para a interpretação dos teores de fósforo extraído pela solução de Mehlich-1 (item 5.3.1a). O teor de matéria orgânica do solo é utilizado como indicador da disponibilidade de nitrogênio. O conhecimento da CTC é importante para a caracterização do solo, a interpretação dos teores de K no solo e para orientar o manejo da adubação.

Tabela 5.1. Interpretação de valores de pH em água, saturação da CTC por bases e por alumínio

Interpretação	pH em água	Saturação por bases (CTC _{pH 7,0})	Saturação por alumínio (CTC _{efetiva})
		----- % -----	
Muito baixo	≤ 5,0	< 45	< 1
Baixo	5,1 – 5,4	45 – 64	1 – 10
Médio	5,5 – 6,0	65 – 80	10,1 – 20
Alto	> 6,0	> 80	> 20

Os valores analíticos referem-se somente às faixas de interpretação especificadas, não havendo, necessariamente, correspondência entre si. Por exemplo: em valores altos de pH (> 6,0), geralmente a saturação por bases é alta (> 80 %), mas a saturação por alumínio é muito baixa (< 1 %)

Tabela 5.2. Interpretação de teores de argila e de matéria orgânica e da capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0

Argila		Matéria orgânica		CTC _{pH 7,0}	
Faixa	Classe	Faixa	Interpretação	Faixa	Interpretação
%		%		cmol _c /dm ³	
≤ 20	4	≤ 2,5	Baixo	≤ 5,0	Baixo
21 - 40	3	2,6 - 5,0	Médio	5,1 - 15,0	Médio
41 - 60	2	> 5,0	Alto	> 15,0	Alto
> 60	1	–	–	–	–

5.3 - INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO

5.3.1 - Fósforo

a) Fósforo extraído pelo método Mehlich-1

O método Mehlich-1 é adotado para a extração de P do solo nos Estados do RS e de SC desde 1968. Tendo em vista que a capacidade de extração de P pela solução de Mehlich é baixa em solos que contêm alto teor de argila e, em consequência, teores elevados de óxidos de ferro e de alumínio que insolubilizam o fósforo, a interpretação dos teores de P é feita conforme o teor de argila para as culturas de sequeiro (Tabela 5.3). Essa diferenciação é desnecessária para solos alagados devido à predominância de reações de redução que aumentam o pH e a disponibilidade de fósforo.

Tabela 5.3. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila e para solos alagados

Interpretação	Classe de solo conforme o teor de argila ⁽¹⁾				Solos alagados
	1	2	3	4	
	----- mg/dm ³ -----				
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0	-
Baixo	2,1 - 4,0	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	7,1 - 14,0	≤ 3,0
Médio	4,1 - 6,0	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	14,1 - 21,0	3,1 - 6,0
Alto	6,1 - 12,0	9,1 - 18,0	12,1 - 24,0	21,1 - 42,0	6,1 - 12,0
Muito alto	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 42,0	> 12,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

b) Fósforo extraído do solo pelo método de resina de troca aniônica em lâminas

O teor de fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions, em lâminas, é enquadrado em cinco faixas de interpretação (Tabela 5.4), independentemente dos teores de argila ou do alagamento do solo. O teor de suficiência (teor crítico) é de 20 mg de P/dm³ de solo. Esse método é indicado para o diagnóstico da disponibilidade de fósforo em solos que foram adubados com fosfatos naturais nos últimos dois anos. A determinação de fósforo por esse método é feita por alguns laboratórios da ROLAS, mediante solicitação do usuário. No Anexo 5 são relacionados os laboratórios que prestam esse serviço.

Tabela 5.4. Interpretação do teor de fósforo do solo extraído por resina de troca aniônica em lâminas

Interpretação	Teor de P
	mg/dm ³
Muito baixo	≤ 5,0
Baixo	5,1 - 10,0
Médio	10,1 - 20,0
Alto	20,1 - 40,0
Muito alto	> 40,0

5.3.2 - Potássio

Em função da resposta das culturas à adubação potássica (Scherer, 1998; Wiethölter, 1996), as faixas de interpretação dos teores desse nutriente no solo variam conforme a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (Tabela 5.5). Foram estabelecidos três teores críticos: 45, 60 e 90 mg/dm³, para solos com CTC_{pH 7,0} ≤ 5,0, entre 5,1 e 15,0 e > 15,0 cmol_c/dm³, respectivamente.

Tabela 5.5. Interpretação do teor de potássio conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0

Interpretação	CTC _{pH 7,0} (cmol _c /dm ³)		
	> 15,0	5,1 - 15,0	≤ 5,0
	----- mg de K/dm ³ -----		
Muito baixo	≤ 30	≤ 20	≤ 15
Baixo	31 - 60	21 - 40	16 - 30
Médio	61 - 90	41 - 60	31 - 45
Alto	91 - 180	61 - 120	46 - 90
Muito alto	> 180	> 120	> 90

5.4 - INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE CÁLCIO, DE MAGNÉSIO E DE ENXOFRE

Os teores de cálcio e de magnésio trocáveis e de enxofre extraível são enquadrados em três faixas: "Baixo", "Médio" e "Alto" (Tabela 5.6). Na prática, consideram-se satisfatórios os teores desses nutrientes situados na classe "Médio". Para o arroz irrigado por alagamento e para as culturas menos tolerantes à acidez (Capítulo 6), os solos que apresentam os teores de cálcio e de magnésio trocáveis menores ou iguais a 2,0 e 0,5 cmol_c/dm³, respectivamente, são considerados deficientes.

Em geral, a relação Ca/Mg do solo varia entre 1 e 5. Entretanto, tem-se observado que o rendimento da maior parte das culturas não é afetado por relações Ca/Mg, variando de 0,5 até mais de 10, desde que nenhum dos dois nutrientes esteja em deficiência. No entanto, essa relação deve ser mantida entre 3:1 e 5:1 em citros e macieira, com a aplicação de calcário contendo a proporção adequada desses elementos. A relação Ca/Mg do solo pode ser aumentada sem a elevação do pH pela aplicação

Tabela 5.6. Interpretação dos teores de cálcio e de magnésio trocáveis e de enxofre extraível do solo

Interpretação	Cálcio	Magnésio	Enxofre ⁽¹⁾
	----- cmol _c /dm ³ -----		mg/dm ³
Baixo	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 2,0
Médio	2,1 - 4,0	0,6 - 1,0	2,1 - 5,0 ⁽¹⁾
Alto	> 4,0	> 1,0	> 5,0

⁽¹⁾ Para leguminosas, brássicas e liliáceas, o teor deve ser maior que 10 mg/dm³. Considerar que a camada de 10 a 20 cm de profundidade geralmente apresenta teor maior de enxofre que a camada de zero a 10 cm.

de gesso agrícola; cada tonelada de gesso por hectare pode elevar o teor de cálcio, em até 0,4 cmol_c/dm³ na camada de zero a 20 cm de profundidade.

5.5 - INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE MICRONUTRIENTES

A interpretação dos teores de micronutrientes no solo é apresentada na Tabela 5.7. São utilizadas três faixas de interpretação: "Baixo", "Médio" e "Alto". Raramente são observadas deficiências de micronutrientes em culturas anuais nos solos dos Estados do RS e de SC. Entretanto, podem ocorrer deficiências em solos arenosos com teor baixo de matéria orgânica e/ou com pH elevado.

Tabela 5.7. Interpretação dos teores de micronutrientes no solo

Interpretação	Cobre	Zinco	Boro	Manganês	Ferro
	----- mg/dm ³ -----				g/dm ³
Baixo	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 2,5	-
Médio	0,2 - 0,4	0,2 - 0,5	0,1 - 0,3 ⁽¹⁾	2,5 - 5,0	-
Alto	> 0,4	> 0,5	> 0,3	> 5,0	> 5,0 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Para a cultura da videira o teor adequado de boro no solo varia de 0,6 a 1,0 mg/dm³. Ver indicações específicas de adubação com boro (p. 277) para esta cultura.

⁽²⁾ Este valor (5 g/dm³) pode estar relacionado com a ocorrência de toxidez por ferro ("bronzeamento"), que pode ocorrer em alguns cultivares de arroz irrigado.

5.6 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES FOLIARES

A diagnose foliar nos Estados do RS e de SC é feita pela determinação dos teores totais dos nutrientes nas folhas das plantas. São estabelecidas faixas de teor de interpretação obtidas pelas relações entre os teores foliares dos nutrientes e o rendimento das culturas. A literatura tem mostrado que as faixas de suficiência dos nutrientes apresentam variações com diferenças regionais, devidas aos cultivares utilizados e aos fatores ambientais e de manejo. Assim, a interpretação dos resultados da análise foliar, neste Manual, é baseada na literatura, acrescida das informações regionais disponíveis.

Nas Tabelas 5.8 e 5.9 são apresentadas as faixas dos teores de macronutrientes e de micronutrientes respectivamente, considerados adequados para o desenvolvimento de culturas de grãos, forrageiras, algumas essências florestais e outras culturas comerciais; a interpretação desses valores depende, entretanto, dos cultivares utilizados, dos estádios fisiológicos e de efeitos locais. As faixas de teores adequados para

plantas hortícolas, tubérculos e raízes, frutíferas e plantas ornamentais são apresentadas nos Capítulos 12 a 14 e 17.

Os resultados da análise foliar podem ser utilizados nas recomendações de nutrientes em culturas perenes, especialmente em frutíferas. Em outros casos, podem ser utilizados para o acompanhamento dos resultados da adubação e da calagem. Ressalta-se, no entanto, que os valores apresentados foram, em parte, obtidos de literatura, e que variáveis locais, como tipo e manejo de solo, época de coleta de amostras, clima e diferentes cultivares, podem alterar as faixas apresentadas, devendo, portanto, ser utilizados como orientação geral.

Tabela 5.8. Faixas de suficiência de macronutrientes no tecido foliar para algumas culturas

Cultura⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S
----- % -----						
Grãos						
Amendoim	3,0-4,5	0,2-0,5	1,7-3,0	1,0-2,0	0,3-0,8	0,2-0,35
Arroz de sequeiro	2,0-3,0	0,25-0,40	1,3-3,0	0,25-1,0	0,15-0,50	0,14-0,30
Arroz irrigado	2,6-4,2	0,25-0,48	1,5-4,0	0,25-0,4	0,15-0,30	0,2-0,3
Aveia	2,0-3,0	0,2-0,50	1,5-3,0	0,25-0,5	0,15-0,50	0,15-0,40
Centeio	2,5-3,5	0,2-0,5	1,9-2,3	0,25-0,6	0,15-0,50	0,15-0,50
Cevada	1,7-3,0	0,2-0,5	1,5-3,0	0,25-0,6	0,15-0,50	0,15-0,40
Feijão	3,0-5,0	0,2-0,3	2,0-2,5	1,0-2,5	0,25-0,50	0,2-0,3
Girassol	3,0-5,0	0,3-0,5	3,0-4,5	0,8-2,2	0,3-0,8	0,15-0,2
Milho	2,7-3,5	0,2-0,4	1,7-3,5	0,2-0,8	0,2-0,5	0,1-0,3
Soja	4,5-5,5	0,26-0,5	1,7-2,5	0,4-2,0	0,3-1,0	0,21-0,4
Sorgo	2,5-3,5	0,2-0,4	1,4-2,5	0,2-0,6	1,15-0,5	0,15-0,3
Trigo	2,0-3,4	0,2-0,3	1,5-3,0	0,25-0,5	1,15-0,4	0,15-0,3
Triticale	2,0-3,4	0,2-0,3	1,5-3,0	0,25-0,5	0,15-0,4	0,15-0,3
Forrageiras						
Gramíneas anuais						
Azevém	2,5-3,0	0,25-0,35	2,0-2,5	-(¹)	-(¹)	-(¹)
Milheto	2,0-3,5	0,2-0,3	2,5-4,0	-(¹)	-(¹)	0,15-0,2
Sorgo forrageiro	2,0-3,0	0,2-0,3	1,8-2,8	-(¹)	-(¹)	-(¹)
Gramíneas perenes						
Braquiária	1,2-2,0	0,1-0,3	1,2-2,5	0,2-0,6	0,15-0,4	0,1-0,25
Capim colômbio	1,5-2,5	0,1-0,3	1,5-3,0	0,3-0,8	0,15-0,5	0,1-0,3
Capim elefante	1,5-2,5	0,1-0,3	1,5-5,0	0,3-0,8	0,15-0,4	0,1-0,3
Pangola	1,5-2,0	0,16-0,25	1,6-2,0	-(¹)	-(¹)	0,15-0,2
Tifton	2,0-2,6	0,15-0,3	1,5-3,0	0,3-0,8	0,15-0,4	0,15-0,3

continua

Tabela 5.8. Continuação

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
----- % -----						
Leguminosas anuais						
Siratro	2,7	0,4	2,7	2,1	0,7	0,1
Estilosantes	2,0-4,0	0,15-0,3	1,0-3,0	0,5-2,0	0,15-0,4	0,15-0,3
Leguminosas perenes						
Alfafa	3,4-5,6	0,25-0,5	2,0-3,5	1,0-2,5	0,3-0,8	0,2-0,4
Guandu	2,0-4,0	0,15-0,3	1,2-3,0	0,5-2,0	0,2-0,5	0,15-0,3
Leucena	2,0-4,8	0,15-0,3	1,3-3,0	0,5-2,0	0,2-0,4	0,15-0,3
Soja perene	2,0-4,0	0,15-0,3	1,2-3,0	0,5-2,0	0,2-0,5	0,15-0,3
Essências florestais						
Araucária	1,6-1,7	0,14-0,18	1,3-1,5	0,6-0,8	0,2-0,3	0,1-0,2
Eucalipto	1,3-1,8	0,1-0,13	0,9-1,3	0,6-1,0	0,5-0,8	0,15-0,2
Pinus	1,1-1,3	0,1-0,12	0,6-1,0	0,3-0,5	0,13-0,2	0,13-0,16
Outras culturas comerciais						
Cana-de-açúcar (planta)	1,9-2,1	0,20-0,24	1,1-1,3	0,8-1,0	0,2-0,3	0,2-0,3
Cana-de-açúcar (soca)	2,0-2,2	0,18-0,20	1,3-1,5	0,5-0,7	0,2-0,25	0,2-0,3
Fumo	3,5-4,0	0,2-0,5	2,5-4,0	1,5-2,0	0,2-0,65	0,2-0,6

⁽¹⁾ Valores não encontrados na bibliografia consultada.

Para os cereais de inverno os teores referem-se à folha bandeira ou à folha abaixo dela.

Fonte: Malavolta (1987); Lopes & Coelho (1988); Rajj et al. (1997).

Tabela 5.9. Faixas de suficiência de micronutrientes no tecido foliar para algumas culturas

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- mg/kg -----						
Grãos						
Amendoim	25-60	5-20	50-300	20-350	0,1-5,0	20-60
Arroz de sequeiro	4-25	3-25	70-200	70-400	0,1-0,3	10-50
Arroz irrigado	20-100	5-20	70-300	30-600	0,5-2,0	20-100
Aveia	5-20	5-25	40-150	25-100	0,2-0,3	15-70
Centeio	5-20	5-25	25-200	14-150	0,2-0,3	15-70
Cevada	5-20	5-25	25-100	20-100	0,1-0,2	15-70
Feijão	15-25	4-20	40-140	15-100	0,5-1,5	18-50
Girassol	35-100	25-100	80-120	10-20	-(¹)	30-80

continua

Tabela 5.9. Continuação

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- mg/kg -----					
Milho	10-25	6-20	30-250	20-200	0,1-0,2	15-100
Soja	21-55	10-30	50-350	20-100	1,0-5,0	20-50
Sorgo	4-20	5-20	65-100	10-190	0,1-0,3	15-50
Trigo	5-20	5-25	10-300	25-150	0,3-0,5	20-70
Triticale	5-20	5-25	15-200	20-150	0,2-0,4	20-70
Forrageiras						
Gramíneas perenes						
Braquiária	10-25	4-12	50-250	40-250	-(¹)	20-50
Capim colônião	10-30	4-14	50-250	40-200	-(¹)	20-50
Capim elefante	10-25	4-17	50-200	40-200	-(¹)	20-50
Tifton	5-30	4-20	50-200	20-300	-(¹)	15-70
Leguminosas anuais						
Siratiro	25-30	8-10	100-150	60-90	0,2-0,4	25-50
Estilosantes	25-30	6-12	4-250	40-200	-(¹)	20-50
Leguminosas perenes						
Alfafa	30-60	8-20	4-250	40-100	0,4-2,0	30-50
Guandu	20-50	6-12	4-200	40-200	-(¹)	25-50
Leucena	25-50	5-12	4-250	40-150	-(¹)	20-50
Soja perene	30-50	5-12	4-250	40-150	-(¹)	20-50
Essências florestais						
Araucária	10	3	25	4		5
Eucalipto	30-50	7-10	150-200	400-600	0,5-1,0	35-50
Pinus	12-25	4-7	100-200	250-600	-(¹)	30-45
Outras culturas comerciais						
Cana-de-açúcar (planta)	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,2	10-50
Fumo	20-50	5-60	50-200	20-230	-(¹)	20-80

(¹) Valores não encontrados na bibliografia consultada.

Para os cereais de inverno os teores referem-se à folha bandeira ou à folha abaixo dela.

Fonte: Malavolta (1987); Lopes & Coelho (1988); Rajj et al. (1997).

CALAGEM

Os solos dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina em seu estado natural são predominantemente ácidos, apresentando restrições ao desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas. Por outro lado, a acidificação do solo cultivado é um processo contínuo e sua intensidade depende de vários fatores. A utilização de corretivos da acidez do solo é, portanto, de grande importância para a produção agrícola.

São apresentados, a seguir, os critérios para a recomendação de calagem, tanto para cultivos isolados como para rotações de culturas, em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

6.1 - CRITÉRIOS PARA A RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM

Os principais critérios de recomendação de calagem são o pH do solo de referência da cultura e o percentual de saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ por cátions trocáveis de reação básica (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) ou de saturação da $CTC_{efetiva}$ por Al^{3+} .

6.1.1 - Critério do pH referência

O pH referência é o valor do pH do solo mais adequado ao desenvolvimento das culturas. Acima desse valor não é observada resposta dessas à calagem. Na Tabela 6.1 são listadas as principais espécies cultivadas, conforme o valor do pH referência, sendo mais sensíveis aquelas da classe de pH 6,5 (alfafa, aspargo e piretro). A maioria das culturas de grãos enquadra-se na classe de pH 6,0, à exceção do arroz irrigado.

A classificação das espécies apresentada na Tabela 6.1 visa estabelecer o pH referência a ser adotado numa rotação de culturas, considerando-se aquela mais sensível à acidez. Supondo-se, por exemplo, um plano de uso agrícola de uma área de várzea com os cultivos de milho e de soja em seqüência ao arroz irrigado, o pH referência,

neste caso, corresponderia ao valor 6,0. Uma decisão de correção da acidez do solo baseada no pH de referência de culturas menos sensíveis poderá reduzir a produtividade das outras culturas utilizadas no sistema.

A quantidade de corretivo a ser aplicado depende do pH em água a atingir (valor de referência). Essa quantidade aumenta com a acidez potencial do solo expressa pelo índice SMP. A acidez potencial do solo diminui à medida que o índice SMP aumenta. Na Tabela 6.2 são apresentadas as quantidades de corretivo a aplicar para atingir os valores de pH de referência de 5,5, 6,0 e 6,5.

Tabela 6.1. Classificação de espécies em relação ao pH do solo

pH de referência ⁽¹⁾	Culturas
pH 6,5	Alfafa, aspargo, piretro.
pH 6,0	Abacateiro, abóbora, alcachofra, alface, alho, almeirão ameixeira, amendoim, arroz de sequeiro, aveia, bananeira, batata-doce, beterraba, brócolo, cana-de-açúcar, camomila, canola, caquiheiro, cebola, cenoura, cevada, chicória, citros, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação fria, couve-flor, crisântemo de corte, ervilha, estévia, feijão, figueira, fumo, girassol, hortelã, leguminosas forrageiras de estação fria, leguminosas forrageiras de estação quente, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação quente, linho, macieira, maracujazeiro, melancia, melão, milho, moranga, morangueiro, nectarineira, noqueira-pecã, painço, pepino, pereira, pessegueiro, pimentão, quivizeiro, rabanete, repolho, roseira de corte, rúcula, soja, sorgo, tomate, tremoço, trigo, triticale, urucum, vetiver, videira.
pH 5,5	Abacaxizeiro, acácia negra, alfavaca, amoreira-preta, arroz irrigado no sistema de semeadura em solo seco, batata, bracatinga, calêndula, camomila, capim elefante, cardamomo, carqueja, coentro, curcuma, erva-doce, eucalipto, funcho, gramíneas forrageiras de estação fria, gramíneas forrageiras de estação quente, gengibre, manjerição, pinus, salsa.
.. ⁽²⁾	Capim-limão, citronela-de-Java, palma-rosa e chá
Sem correção da acidez ⁽³⁾	Arroz irrigado no sistema pré-germinado ou com transplante de mudas, erva-mate, mandioca, mirtilo, pastagem natural, araucária.

⁽¹⁾ Em geral, no sistema plantio direto, a maioria das culturas de grãos desenvolve-se adequadamente em solos com pH 5,5, desde que a saturação da CTC por bases seja maior do que 65%.

⁽²⁾ A calagem é indicada quando a saturação da CTC por bases for menor do que 50%.

⁽³⁾ Aplicar 1 t/ha de calcário quando os teores de cálcio ou de magnésio forem inferiores aos da classe "Médio" (Tabela 5.6), exceto para o mirtilo para o qual não se recomenda calagem.

Em solos pouco tamponados, o índice SMP pode subestimar a necessidade de calcário. Nesses casos, esta pode ser calculada pelos teores de matéria orgânica e de alumínio trocável do solo, pelas seguintes equações dependendo do pH a atingir:

$$\text{pH } 5,5: \text{NC} = -0,653 + 0,480\text{MO} + 1,937\text{Al}$$

$$\text{pH } 6,0: \text{NC} = -0,516 + 0,805\text{MO} + 2,435\text{Al}$$

$$\text{pH } 6,5: \text{NC} = -0,122 + 1,193\text{MO} + 2,713\text{Al}$$

em que:

NC é a necessidade de calcário em t/ha (com PRNT 100%); MO é o teor de matéria orgânica (em %); e Al é o teor de alumínio trocável do solo (em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$).

6.1.2 - Critério da saturação por bases

A indicação da quantidade de calcário a utilizar pode ser feita também pela saturação da capacidade de troca de cátions ($\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$) por bases, conforme a equação:

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{\text{CTC} (V_2 - V_1)}{100}$$

em que:

NC é a necessidade de calcário, em t/ha (com PRNT 100%); V_2 é a porcentagem de saturação por bases desejada; e, V_1 é a porcentagem da saturação por bases do solo, fornecida no laudo de

Tabela 6.2. Quantidades de calcário necessárias para elevar o pH em água do solo a 5,5, 6,0 e 6,5, estimadas pelo índice SMP⁽¹⁾

Índice SMP	pH desejado		
	5,5	6,0	6,5
	----- t/ha ⁽²⁾ -----		
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,6	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,5	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0	0,5	1,2
6,8	0	0,3	0,8
6,9	0	0,2	0,5
7,0	0	0	0,2
7,1	0	0	0

⁽¹⁾ Análise conjunta baseada nos trabalhos de Murdock et al. (1969); Kaminski (1974); Scherer (1976); Ernani & Almeida (1986); Anjos et al. (1987) e Ciprandi et al. (1994).

⁽²⁾ Calcário com PRNT 100%.

análise. A CTC é a capacidade de troca de cátions do solo e o procedimento para o cálculo é descrito no item 4.1.1 (p. 41).

Em solos dos Estados do RS e de SC, em média, as porcentagens de saturação da CTC por bases de 65%, 80% e 85% correspondem aos valores de pH em água de 5,5, 6,0 e 6,5 respectivamente.

Em rotações de culturas, e particularmente no sistema plantio direto, o critério da saturação por bases é bastante utilizado (Tabelas 6.3 a 6.6). Deve-se, entretanto, considerar que alguns solos (aproximadamente 15% dos solos do Estado do RS) apresentam pH em água menor que 5,5 e saturação da CTC por bases maior que 65% (num estudo com mais de 100.000 amostras). As quantidades de calcário a adicionar, estimadas pelo índice SMP (Tabela 6.2) e calculadas pela saturação da CTC por bases podem ser, portanto, diferentes. Se a diferença entre as quantidades obtidas pelos dois procedimentos for grande, pode-se optar pela média das quantidades. O valor a ser recomendado deve ser de responsabilidade da assistência técnica.

6.2 - GRÃOS

Na Tabela 6.3 são apresentados os critérios que devem ser considerados para a decisão de aplicação de calcário a esse grupo de culturas.

6.2.1 - Sistema convencional

No sistema de cultivo convencional de manejo do solo, o calcário deve ser incorporado ao solo por aração e gradagem. Recomenda-se aplicar o corretivo com antecedência mínima de três meses, especialmente quando o solo apresentar acidez média a elevada. O corretivo deve ser incorporado, de preferência, na camada de zero a 20 cm.

Para quantidades maiores que 5 t/ha, recomenda-se aplicar a metade da dose e lavrar. Em seguida, aplicar o restante, lavrar novamente e gradear. Quantidades menores que 5 t/ha são satisfatoriamente incorporadas com uma gradagem, seguida de aração e mais uma gradagem, em solos já cultivados. A finalidade da primeira gradagem é fazer a pré-incorporação do corretivo na camada superficial para incorporá-lo depois no restante do solo pela aração. A profundidade da pré-incorporação depende do tipo de grade, da textura e do grau de adensamento do solo. Com grade pesada, a incorporação em solo arenoso é mais profunda. A incorporação inicial com arado propicia boa distribuição vertical mas incorporação deficiente no sentido horizontal; o calcário atinge a profundidade desejada, mas a mistura com o solo não é homogênea. Frequentemente observa-se a aderência do corretivo a torrões úmidos de solo,

Tabela 6.3. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivos da acidez para culturas de grãos

Sistema de manejo do solo	Condição da área	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário ⁽¹⁾	Método de aplicação
Convencional	Qualquer condição	0 a 20	pH < 6,0 ⁽²⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
Plantio direto	Implantação a partir de lavoura ou campo natural quando o índice SMP for ≤ 5,0	0 a 20	pH < 6,0 ⁽²⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
	Implantação a partir de campo natural quando o índice SMP for > 5,0 a 5,5	0 a 20	pH < 5,5 ou V < 65% ⁽³⁾	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado ⁽⁴⁾ ou Superficial ⁽⁵⁾
	Implantação a partir de campo natural quando o índice SMP for > 5,5	0 a 20	pH < 5,5 ou V < 65% ⁽³⁾	1 SMP para pH _{água} 5,5	Superficial
	Sistema consolidado	0 a 10	pH < 5,5 ou V < 65% ⁽³⁾	1/2 SMP para pH _{água} 5,5	Superficial ⁽⁵⁾
Arroz irrigado por inundação	Convencional (semeadura em solo seco)	0 a 20	pH < 5,5 ou V < 65% ⁽³⁾	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
	Sistema pré-germinado ou transplante de mudas	0 a 20	Ca ≤ 2,0 cmol _c /dm ³ ou Mg ≤ 0,5 cmol _c /dm ³	1 t/ha ⁽⁶⁾	Incorporado

⁽¹⁾ Corresponde à quantidade de calcário estimada pelo índice SMP em que 1 SMP é equivalente à dose de calcário para atingir o pH_{água} desejado na camada de 0 a 20 cm, conforme a Tabela 6.2.

⁽²⁾ Não aplicar calcário quando a saturação por bases (V) for > 80%.

⁽³⁾ Quando somente um dos critérios for atendido, não aplicar calcário se a saturação por Al for menor do que 10% e o teor de P for "Muito alto".

⁽⁴⁾ A opção de incorporar o calcário em campo natural deve ser feita com base nos demais fatores de produção locais. Se optar pela incorporação do calcário, aplicar a dose 1 SMP para pH_{água} 6,0.

⁽⁵⁾ No máximo 5 t/ha de calcário (PRINT 100%).

⁽⁶⁾ Calcário dolomítico para suprir Ca e Mg.

resultando na incorporação desuniforme; recomenda-se, portanto, não aplicar e incorporar o calcário quando o solo estiver excessivamente úmido.

6.2.2 - Sistema plantio direto

Em solos degradados que apresentam acidez elevada em camada mais profunda (10 a 20 cm), deve-se aplicar a quantidade de calcário recomendada para a correção da acidez na camada arável (zero a 20 cm), com incorporação ao solo. Essa situação pode ocorrer em áreas de plantio direto em fase de implantação ou em locais sem calagem anterior; deve-se decidir com base no monitoramento dos rendimentos das culturas. A incorporação do calcário é também indicada no estabelecimento do plantio direto em solo de campo natural, com acidez potencial alta (índice SMP $\leq 5,3$). Em solos de campo natural com acidez potencial baixa (índice SMP $> 5,3$), pode-se estabelecer o sistema plantio direto sem o revolvimento do solo, aplicando-se o calcário na superfície, conforme indicado na Tabela 6.3, restringindo-se a dose ao máximo de 5 t/ha de corretivo com PRNT equivalente a 100%.

No sistema plantio direto consolidado ou mesmo em fase de implantação e consolidação, dependendo do uso prévio do solo e dos objetivos a atingir, não é necessário incorporar o calcário (Tabela 6.3). No caso da aplicação superficial, ocorre a incorporação parcial do corretivo na camada superficial do solo pela utilização das semeadoras. Em sistema consolidado (> 5 anos), tem sido observado o efeito da calagem até 10 cm (Anghinoni & Nicolodi, 2004), com diminuição da acidez e translocação de cátions de reação básica em profundidade. Os efeitos da calagem podem ser também observados em maior profundidade, devido à movimentação do calcário pelas galerias produzidas por insetos (e pelo aumento da macroporosidade em sistema de plantio direto consolidado). As operações de gradagem, escarificação, subsolagem ou de descompactação de camadas superficiais do solo incorporam parcialmente o corretivo, dependendo da intensidade e frequência dessas práticas. Outras informações podem ser obtidas em Pöttker (2000), Nicolodi (2003), e Nolla & Anghinoni (2002).

Como a profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto consolidado é de zero a 10 cm (Tabela 6.3), a quantidade de calcário recomendada é a metade da indicada pelo índice SMP ($1/2$ SMP) para pH 5,5. Este critério, entretanto, somente pode ser utilizado para áreas sem limitações de suprimento de água e de nutrientes (principalmente fósforo), com baixa saturação da CTC por alumínio e na ausência de camada superficial de solo compactada.

No estabelecimento do sistema plantio direto, deve-se considerar também o tipo de calcário a ser utilizado. Como essa é a última oportunidade para a incorporação profunda de calcário, é recomendado aplicar um produto que tenha um efeito residual maior pois, por princípio, o solo não será mais revolvido. É importante se conhecer não

só o PRNT, mas também o seu poder de neutralização (PN) e a reatividade (RE). Em geral, quanto maior a RE menor o efeito residual do calcário, isto é, quanto mais rápida a ação do corretivo, menor é a duração do efeito da calagem e vice-versa (para partículas menores que 2,0 mm). Assim, como exemplo, para três calcários com o mesmo VN (ex.: 90%) mas com RE de 60, 80 e 100% (PRNT de 54, 72 e 90 respectivamente), deve-se dar preferência ao de RE 60%, com correção da dose pelo PRNT (100/54) pois, embora os três calcários reagirão em três meses atingindo o objetivo da correção da acidez, o calcário com RE de 60% (com a correção da dose em 100/54 vezes) terá ainda 46% de efeito residual para períodos mais longos (Lopes et al., 2004).

6.3 - ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO

O manejo da calagem para a cultura do arroz irrigado depende das reações de oxidação/redução que ocorrem com a drenagem ou alagamento do solo. No caso de sistemas em que o alagamento ocorre durante quase todo o ciclo do arroz (sistema pré-germinado ou transplante de mudas), não há necessidade de aplicar calcário como corretivo da acidez do solo, pois ocorre a elevação natural do pH, à exceção de alguns solos orgânicos utilizados no sistema pré-germinado. No caso de sistemas em que a irrigação inicia entre 20 e 30 dias após a emergência das plantas (sistemas de semeadura em solo seco), utiliza-se o critério de decisão baseado nos resultados de análise do solo (pH em água menor que 5,5 ou saturação por bases menor que 65%), sendo a dose determinada pelo índice SMP para elevar o pH do solo até 5,5 (Tabela 6.3).

Outros fatores podem indicar a necessidade de aplicação de calcário, independentemente do sistema de cultivo. Assim, quando os teores de Ca forem $\leq 2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ou os de Mg $\leq 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico como fonte desses nutrientes, na quantidade de 1 t/ha (PRNT de 100%). O calcário também pode ser indicado em áreas com grande ocorrência de toxidez por ferro (bronzamento ou alaranjamento). Em áreas de rotação com culturas de sequeiro, incluindo as pastagens cultivadas, deve-se fazer a correção da acidez conforme a cultura mais sensível à acidez.

6.4 - FORRAGEIRAS

Na Tabela 6.4, são apresentados os critérios que devem ser considerados na decisão de aplicação de calcário em culturas forrageiras.

Os sistemas produtivos de forrageiras utilizados nos Estados do RS e de SC são bastante diversificados, incluindo, por exemplo, pastagem formada por espécies nativas, pastagem cultivada ou mista. A calagem é recomendada para o sistema de cultivo sem considerar as características próprias das espécies, à exceção da alfafa. Esta é

Tabela 6.4. Critérios para indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para o cultivo de forrageiras

Sistema de manejo ou cultura	Condição da área ou grupo de cultura	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário	Método de aplicação
Convencional	Implantação a partir de lavoura ou campo natural para:				
	leguminosas de estações fria e quente e consorciações de estação fria e quente	0 a 20	pH < 6,0 ^(1,2)	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
	gramíneas de estações fria e quente, capim elefante	0 a 20	pH < 5,5 ^(1,2)	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
Plantio direto	Campo natural ou lavoura com introdução de espécies (semeadura em linha ou sobre-semeadura)	0 a 10	pH < 5,5 ou V < 65% ⁽³⁾	½ SMP para pH _{água} 5,5	Superficial ⁽⁶⁾
	Campo natural sem introdução de espécies forrageiras ou com uso de fosfato natural	0 a 10	Ca ≤ 2,0 cmol _c /dm ³ ou Mg ≤ 0,5 cmol _c /dm ³	1 t/ha ⁽⁴⁾	Superficial ⁽⁶⁾
Alfafa	Qualquer condição	0 a 20	pH < 6,5 ⁽⁵⁾	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado

⁽¹⁾ Não aplicar quando a saturação por bases (V) for > 80%.

⁽²⁾ Para gramíneas tropicais, aplicar calcário na dose de 1 SMP para pH 5,5, se o pH for menor do que 5,5.

⁽³⁾ Quando somente um dos critérios for atendido, não aplicar calcário se a saturação por Al for menor do que 10% e se o teor de P for "Muito alto".

⁽⁴⁾ Aplicar calcário dolomítico para suprir Ca e Mg.

⁽⁵⁾ Não aplicar quando a saturação por bases (V) for > 85%.

⁽⁶⁾ No máximo 5 t/ha de calcário (PRNT 100%).

sensível à acidez do solo e enquadra-se no grupo de culturas com indicação de calagem para o solo atingir pH 6,5 (Tabela 6.2) com incorporação do corretivo na camada de zero a 20 cm de profundidade (Tabela 6.4).

A pastagem natural é menos sensível à acidez do solo e geralmente apresenta menor resposta em produtividade de forragem pela calagem em relação às culturas de grãos. Em solos muito ácidos (município de São José dos Ausentes, no RS, por exemplo), a introdução de leguminosas foi obtida após a aplicação superficial de calcário de excelente qualidade (3 t/ha com PRNT 100%) com uma leve escarificação do solo, sete meses antes do plantio (Jacques & Nabinger, 2003).

As pastagens cultivadas, por outro lado, são mais sensíveis à acidez do solo devendo ser feita a calagem em doses e formas de aplicação conforme o sistema de cultivo (Tabela 6.4). No sistema convencional de manejo do solo, dependendo da espécie ou sistema, recomenda-se a incorporação de calcário na quantidade adequada para elevar o pH do solo a 5,5 ou 6,0 na camada de zero a 20 cm; para o sistema plantio direto deve ser utilizada a dose equivalente à metade da quantidade indicada para elevar o pH a 5,5, não sendo necessária a incorporação no solo (Tabela 6.4).

A implantação de pastagem perene deve ser feita no sistema de cultivo convencional e o calcário deve ser incorporado. Nos anos subsequentes, caso constatada a necessidade de reaplicação de calcário, utilizar a metade da dose indicada para pH 5,5, sem incorporação (Tabela 6.4).

No sistema misto são cultivadas espécies exóticas em consorciação com as espécies nativas. A implementação desse sistema pode ser feita por sobre-semeadura (distribuição da semente na superfície, a lanço ou em linhas), seguida de gradagem leve, para aumentar o contato solo-semente, e pelo sistema plantio direto. Para qualquer um desses sistemas, recomenda-se aplicar calcário na superfície do solo, visando atender às exigências das espécies introduzidas, sendo indicada a metade da dose para elevar o pH do solo a 5,5 (Tabela 6.4).

6.5 - HORTALIÇAS, TUBÉRCULOS E RAÍZES

Na Tabela 6.5, são apresentados os critérios que devem ser considerados para a indicação da necessidade e da quantidade de calcário a aplicar em áreas destinadas ao cultivo de hortaliças, tubérculos e raízes. Em geral, a calagem é recomendada para esse grupo de culturas, à exceção da mandioca (Tabelas 6.1 e 6.5). Recomenda-se a incorporação do corretivo ao solo, tendo em vista os sistemas predominantes de manejo. O monitoramento do pH do solo e da saturação por bases é muito importante para algumas espécies de hortaliças, tendo em vista a freqüente mobilização do solo, a utilização intensiva da terra (três ou mais safras anuais), a utilização da irrigação e a

Tabela 6.5. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para cultivos de hortaliças, tubérculos e raízes

Sistema de manejo ou cultura	Condição da área	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário	Método de aplicação
Convencional	Lavoura, campo natural ou ambiente protegido	0 a 20	pH < 6,0 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
Aspargo	Qualquer condição	0 a 20	pH < 6,5 ⁽²⁾	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado
Batata	Qualquer condição	0 a 20	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
Mandioca	Qualquer condição	0 a 20	Ca ≤ 2,0 cmol _c /dm ³ ou Mg ≤ 0,5 cmol _c /dm ³	1 t/ha ⁽³⁾	Incorporado

⁽¹⁾ Não aplicar quando a saturação por bases (V) for > 80%.

⁽²⁾ Não aplicar quando a saturação por bases (V) for > 85%.

⁽³⁾ Calcário dolomítico para suprir Ca e Mg.

aplicação de grandes quantidades de fertilizantes minerais e orgânicos; estes fatores contribuem para acelerar o processo de reacidificação do solo.

Como a olericultura é normalmente praticada no sistema convencional de preparo do solo, o calcário deve ser incorporado na camada de zero a 20 cm com aração seguida de gradagem. A reaplicação do corretivo deve ser feita quando a análise de solo indicar a necessidade, conforme os critérios das Tabelas 6.1 e 6.5. Deve-se utilizar calcário dolomítico devido às grandes quantidades absorvidas de Ca e de Mg pela maioria das espécies.

6.6 - FRUTÍFERAS E ESSÊNCIAS FLORESTAIS

Na Tabela 6.6, são apresentados os critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de calcário a aplicar em culturas de espécies frutíferas e essências florestais.

As plantas arbóreas têm um sistema radicular profundo, mas as raízes ativas e responsáveis pela absorção de aproximadamente 80% dos nutrientes localizam-se até 15 cm de profundidade. As raízes profundas são importantes para a sustentação da estrutura arbórea e para a absorção de água. Por isso, as áreas destinadas ao cultivo dessas espécies não devem apresentar impedimentos físicos e químicos, e o lençol freático não deve ser superficial.

Em muitos casos, essas culturas são utilizadas em áreas declivosas, impróprias para cultivos mecanizados. Em áreas suscetíveis à erosão, ou com relevo acidentado, de acesso difícil, ou mesmo com dificuldades de mecanização, o calcário poderá ser aplicado superficialmente. Mas, para evitar o seu arraste pelo deflúvio superficial das águas da chuva, recomenda-se a incorporação em faixas, em curva de nível, de largura não superior a um metro, onde serão colocadas as mudas. Os fertilizantes contendo P e K poderão ser aplicados na mesma época que a da aplicação do calcário, mas em operações diferentes. A incorporação pode ser feita com a mesma operação.

As frutíferas, abacateiro, ameixeira, bananeira, caquizeiro, citros, figueira, macieira, maracujazeiro, morangueiro, nogueira pecã, nectarineira, pereira, pessegueiro, quiveiro e videira, requerem pH 6,0. Adicionar a quantidade indicada pelo índice SMP para o solo atingir este valor (Tabela 6.2). A incorporação deverá ser feita na camada de zero a 20 cm de profundidade.

Em pomares de abacateiro, caquizeiro, citros, macieira, pereira e quiveiro, sempre que possível, deve-se incorporar o calcário até 40 cm antes da instalação do pomar, ajustando-se a dose, conforme a profundidade.

Tabela 6.6. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para plantas frutíferas e essências florestais

Espécies	Sistema de manejo ou cultura	Condição da área	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário	Método de aplicação					
Frutíferas	Ameixeira, bananeira, figueira, maracujazeiro, noqueira pecã, nectarineira, pessegueiro, videira	Correção em faixas ou área total	0 a 20	pH < 6,0 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado					
							Correção em faixas ou área total	0 a 20 e 20 a 40	pH < 6,0 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽²⁾
Mirtilo		Qualquer condição	0 a 20	Não aplicar							
Essências Florestais	Convencional	Qualquer condição	0 a 20	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado					
	Erva-mate, araucária	Qualquer condição	0 a 20	Ca ≤ 2,0 cmol _c /dm ³ ou Mg ≤ 0,5 cmol _c /dm ³	1 t/ha ⁽³⁾	Incorporado					

⁽¹⁾ Não aplicar quando a saturação por bases (V) for > 80%.

⁽²⁾ Quando aplicado na camada zero a 40 cm de profundidade, ajustar as doses somando-se as quantidades das camadas zero a 20 e 20 a 40 cm.

⁽³⁾ Aplicar calcário dolomítico para suprir Ca e Mg.

As plantas de abacaxizeiro e de amoreira-preta necessitam de pH 5,5 e incorporação do calcário até 20 cm. Devido à adaptação do mirtilo a solos ácidos, não é recomendada a calagem para esta frutífera.

A correção da acidez pode ser feita em faixas; porém, após a implantação do pomar, e antes das plantas atingirem a fase adulta, o solo entre estas faixas também deve ser corrigido, com a incorporação do calcário até 20 cm, se forem utilizadas culturas intercalares.

As essências florestais acácia negra, eucalipto e pinus são tolerantes à acidez (Tabela 6.1), sendo indicada a calagem conforme o índice SMP para elevar o pH do solo a 5,5 ou para elevar a saturação por bases a 65% (Tabela 6.6). Para a araucária e a erva-mate, recomenda-se aplicar calcário como fonte de cálcio e de magnésio quando os teores destes na análise de solo forem inferiores à classe "Médio" (Tabela 5.6).

6.7 - QUALIDADE DO CALCÁRIO

A eficiência do calcário depende de sua capacidade de liberar oxidrilas para corrigir a acidez do solo (equivalente em carbonato de cálcio – E_{CaCO_3}) e da velocidade em que estas são liberadas.

O equivalente em CaCO_3 é expresso pelo poder de neutralização (PN) no laudo de análise. O padrão de referência é o CaCO_3 puro, com $\text{PN} = 100$.

A velocidade de liberação de oxidrilas depende da granulometria (tamanho de partículas) do corretivo. O calcário agrícola em geral é constituído por pedra calcária moída, que apresenta baixa solubilidade, sendo geralmente de natureza cristalina. A moagem do calcário é necessária para aumentar sua área superficial específica e, conseqüentemente, sua reatividade (RE).

A fração do calcário que passa na peneira ABNT nº 50 (com diâmetro de orifícios de 0,30 mm) apresenta o valor de RE igual a 100%, considerando-se um período de tempo de 12 a 36 meses. As partículas de calcário com diâmetro entre 0,30 e 0,84 mm (passam na peneira ABNT nº 20, mas ficam retidas na peneira ABNT nº 50) apresentam $\text{RE} = 60\%$, no mesmo período. As partículas mais grossas, com diâmetro entre 0,84 e 2,00 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 10) apresentam $\text{RE} = 20\%$. As partículas com diâmetro maior que 2,00 não apresentam efeito corretivo nesse período de tempo (Pandolfo & Tedesco, 1996).

Estes dois atributos (PN e RE) são, portanto, utilizados para expressar o valor corretivo do calcário, isto é, seu poder relativo de neutralização total, ou PRNT (Brasil, 2004c). O termo "relativo" indica que este valor é expresso em relação ao CaCO_3 puro, com partículas que passam na peneira ABNT nº 50, cujo valor de PRNT é de 100%.

No Capítulo 8 (item 8.1), são apresentados outros aspectos referentes à qualidade dos corretivos da acidez, aos materiais que podem ser utilizados e à legislação que estabelece as normas para a produção e a comercialização destes produtos.

6.8 - APLICAÇÃO DOS CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO

6.8.1 - Época de aplicação

O calcário deve ser aplicado, preferencialmente, até seis meses antes da semeadura ou do plantio da cultura mais exigente, como as leguminosas, que são menos tolerantes à acidez e até três meses antes do plantio das demais culturas para obter os efeitos benéficos da calagem.

6.8.2 - Distribuição

A distribuição do corretivo deve ser feita uniformemente em toda a área a ser corrigida. A incorporação do corretivo não corrige os problemas devidos à má distribuição, mas sim, tende a agravá-los. Recomenda-se, portanto, efetuar tanto a distribuição como a incorporação o mais uniforme possível; a eficiência dessa prática depende muito dos implementos agrícola disponíveis. Os distribuidores que aplicam o corretivo em linhas próximas da superfície do solo são os mais eficientes. A distribuição com caminhão-caçamba, geralmente, apresenta uma grande desuniformidade. A distribuição do corretivo no solo deve ser evitada em períodos de vento forte.

6.8.3 - Calagem na linha de semeadura

Essa prática consiste na aplicação de calcário na linha de semeadura para algumas culturas de grãos sensíveis à acidez, quando não for possível aplicar a quantidade recomendada de corretivo para toda a área. É indicado o calcário finamente moído ("filler" – PRNT >90%). É necessário que a semeadora possua caixa para calcário, pois a mistura com fertilizante prejudica a distribuição uniforme de ambos. A quantidade a aplicar varia entre 200 e 300 kg/ha para solos de lavoura e de 200 a 400 kg/ha para solos de campo natural, optando-se pela dose maior em solos argilosos. Quando a acidez for muito elevada (necessidade de calagem ≥ 7 t/ha), a aplicação de calcário na linha deve ser usada somente se associada a uma calagem parcial em toda a área.

6.8.4 - Deposição de calcário na lavoura

O calcário depositado a granel na lavoura pode provocar a formação de manchas de solo com pH elevado, o qual prejudica o desenvolvimento das plantas. Os problemas que podem ocorrer nesses locais são devidos ao desequilíbrio nutricional, à deficiência de micronutrientes e à incidência de doenças radiculares, como, por

exemplo, o mal-do-pé em trigo, principalmente em lavouras não cultivadas em sistema de rotação com culturas resistentes a esse patógeno.

6.9 - EFEITO RESIDUAL DA CALAGEM

Após a aplicação do corretivo, o pH do solo atinge um valor máximo em aproximadamente 3 a 12 meses, tendendo a diminuir após 4 a 6 anos, devido ao processo de reacidificação natural do solo. As informações disponíveis indicam que o efeito residual da calagem é, em geral, igual ou superior a cinco anos. O diagnóstico da acidez pela análise do solo amostrado em período inferior a quatro anos da aplicação do corretivo pode ser errado, pois parte do corretivo pode ainda estar reagindo. Isso indica que a reaplicação de corretivo só deverá ser feita após esse período com base em outra análise de solo. A reaplicação do corretivo deverá seguir os critérios especificados nas Tabelas 6.1 a 6.6, além do desempenho das culturas.

Os resultados de pesquisa também mostram que as quantidades de corretivo a reaplicar, após cinco a seis anos, são menores do que as iniciais, equivalendo a uma "manutenção" que varia, normalmente, entre 20 e 50% da dose inicialmente aplicada. No entanto, alguns agricultores, por desconhecimento ou pelos bons resultados obtidos pela correção anterior da acidez do solo, aplicam corretivo a cada dois a três anos, o que provoca uma "supercalagem", que é prejudicial, devido à ocorrência de desequilíbrios nutricionais e ao desenvolvimento de patógenos nocivos às plantas.

No caso de ser aplicada somente uma parte da dose recomendada do corretivo, anualmente ou periodicamente, não deve ser adicionada, na soma das aplicações parciais, uma quantidade maior do que a recomendada inicialmente.

A correção de problemas físicos do solo (descompactação, por exemplo) e a implementação de práticas conservacionistas, ajustadas à aptidão agrícola da terra, representam redução de riscos de perdas de solo por erosão e, conseqüentemente, podem aumentar o efeito residual do corretivo aplicado ao solo.

6.10 - UTILIZAÇÃO DOS INDICADORES DA NECESSIDADE DE CALAGEM

A necessidade de calagem para o sistema de cultivo convencional é determinada pelo pH do solo em água com o valor 6,0 como referência para a maioria das culturas. No entanto, para o plantio direto, embora o pH tenha sido mantido como indicador de calagem, foram incluídos outros critérios para determinar a necessidade de calagem, a quantidade de corretivos e o modo de aplicação. Com o objetivo de esclarecer o leitor, tanto na utilização dos novos critérios de indicação de calagem como do novo sistema de adubação, preferiu-se abordar esse assunto em conjunto no Capítulo 7, exemplificando com resultados de análises de solo (item 7.8, p. 79).

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

O sistema de recomendação de adubação tem por objetivo elevar o teor dos nutrientes no solo a níveis considerados adequados para as culturas expressarem seu potencial de rendimento, sempre que os demais fatores não sejam limitantes. As alternativas oferecidas para atingir essa meta adaptam-se às diferentes condições de manejo e de economia das diferentes culturas. Assim, para grãos é possível optar pela adubação corretiva total ou gradual mais a adubação de manutenção para ambas as modalidades. Devido às variações nos preços dos insumos (fertilizantes e corretivos) e dos produtos (grãos ou massa seca) e ao grande número de outros fatores que interferem no rendimento, optou-se por estabelecer as recomendações com base no critério de suficiência dos nutrientes fósforo e potássio no solo. Dessa forma, o uso das recomendações tenderá a elevar o teor de nutriente ao "teor crítico", o que corresponde a aproximadamente 90% do rendimento máximo das culturas, que também está próximo do máximo retorno econômico (Figura 7.1).

No caso de frutíferas e essências florestais, o sistema está baseado na adubação anual. Para hortaliças e outros sistemas de produção, as indicações de adubação têm como objetivo suprir as exigências nutricionais de cada cultura ou safra, enquadrando-se, portanto, no sistema de adubação por cultura.

7.1 - EXPECTATIVA DE RENDIMENTO DAS CULTURAS

No presente Manual utiliza-se o princípio da adição de fertilizantes conforme a expectativa de rendimento. As indicações de adubação para as culturas de grãos apresentadas no Capítulo 10 (à exceção do arroz irrigado, cujas recomendações são para faixas de rendimento) foram elaboradas para uma expectativa de rendimento que varia de 1,0 (uma) t/ha (ervilhaca) até 4,0 t/ha (milho). Para rendimentos maiores do que os indicados (Tabela 7.2), é necessário acrescentar aos valores das tabelas as

quantidades que serão retiradas pela cultura por tonelada adicional de grãos produzidos e eventuais perdas do sistema.

Dessa forma, um componente importante do sistema é a expectativa de rendimento. Como regra geral, sugere-se que seja usado um valor real, e este represente a média obtida em cada gleba em safras anteriores. Se os resultados da colheita forem muito diferentes do valor estimado, compensações poderão ser feitas na safra seguinte. Com isso o sistema se torna eficiente economicamente.

7.2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SISTEMA DE ADUBAÇÃO

Na Figura 7.1 são representadas três faixas de teores de um nutriente no solo e as respectivas indicações gerais de adubação. Na faixa de teor "Muito baixo" a "Médio", há necessidade de correção (C) do teor de nutriente no solo. Na faixa entre o teor "Médio" e "Muito alto", há a necessidade de uma adubação de manutenção (M), que é a soma das perdas eventuais do nutriente do sistema e a retirada pela cultura. Já na faixa de teor "Muito alto", é suficiente uma adubação de reposição (R) equivalente à exportação do nutriente da lavoura pelos produtos colhidos. O objetivo do sistema é elevar os teores de P e K no mínimo até o teor crítico, mantendo-os sempre que possível acima deste, ou seja, na faixa adequada.

7.3 - CONCEITO DE ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO (VALOR M)

O conceito de manutenção estabelecido neste Manual, especialmente para as culturas de grãos, difere do conceito adotado nas edições anteriores (Gianello & Wiethölter, 2004). Até a edição de 1987, o sistema de adubação consistia numa adubação corretiva mais uma dose de manutenção (Mielniczuk et al., 1969a) que era fixa e muito maior do que a exportação das culturas, devido às perdas então existentes no sistema de cultivo. A partir de 1987 (Siqueira et. al., 1987), foi introduzido o conceito de reposição (R), que variava de acordo com algumas faixas de rendimento para as culturas principais (trigo, milho, soja e cevada). Para as demais culturas, os valores eram estabelecidos sem a indicação da expectativa de rendimento.

As quantidades de manutenção para fósforo e potássio indicadas nas tabelas de adubação foram estimadas pela exportação dos grãos (para um determinado rendimento) mais as perdas do sistema. Em geral, o acréscimo relativo às perdas varia de 20 a 30% da exportação. Essas quantidades devem ser aplicadas sempre que os teores desses elementos no solo se situarem na faixa adequada (Figura 7.1).

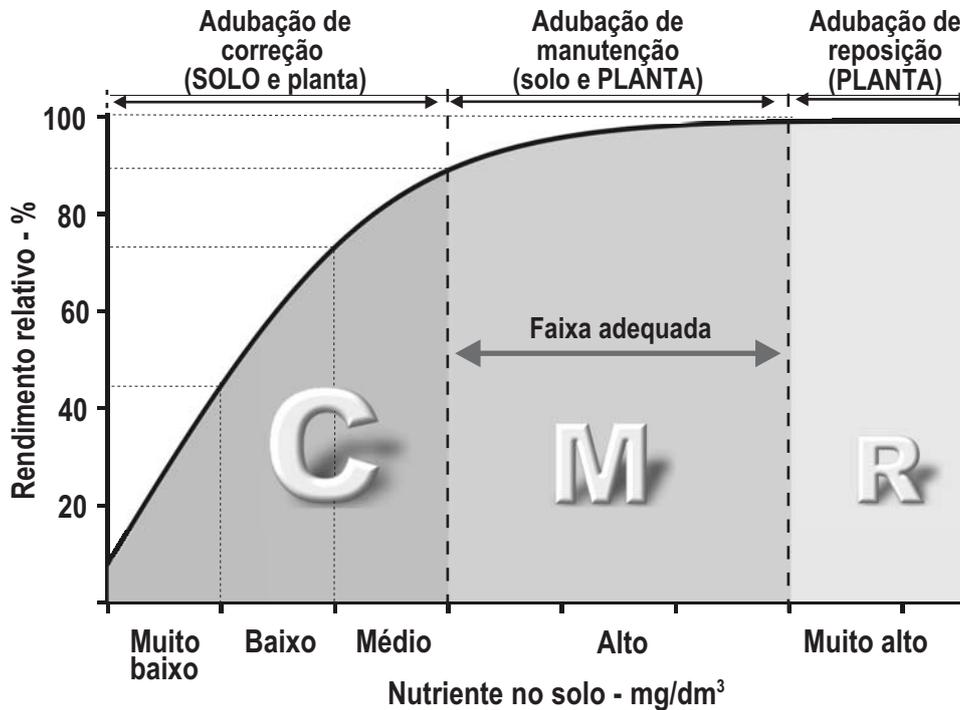


Figura 7.1. Relação entre o rendimento relativo de uma cultura e o teor de um nutriente no solo e as indicações de adubação para cada faixa de teor no solo (adaptado de Gianello & Wiethölter, 2004).

7.4 - CONCEITO DE ADUBAÇÃO DE REPOSIÇÃO (VALOR R)

As quantidades de fósforo e de potássio a adicionar ao solo para uma determinada cultura podem ser estabelecidas pela quantidade destes nutrientes retirados pelos grãos ou pela massa seca. A opção de adubar pela reposição (exportação) é indicada somente quando os teores de nutrientes no solo estão na faixa "Muito alto", conforme indicado (R) na Figura 7.1 (Gianello & Wiethölter, 2004). Neste caso, recomenda-se não aplicar fertilizante no 1º cultivo (dose zero) e aplicar valores menores ou iguais à manutenção no 2º cultivo. Ao optar por essa alternativa (não aplicar fertilizante no 1º cultivo), deve-se analisar o custo da adubação em relação aos demais fatores de produção. Mesmo com teores de P e de K "Muito alto" no solo, algumas culturas beneficiam-se com uma pequena quantidade de fertilizante na semeadura.

No Capítulo 10 (Tabela 10.1, p. 119) são apresentadas as concentrações de N, P₂O₅ e K₂O por tonelada de grãos produzidos pelas culturas de grãos abordadas neste Manual. Esses valores têm somente o objetivo de informar as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O normalmente encontradas em grãos, devendo a dose de reposição ser obtida das

informações constantes no rodapé das tabelas de recomendação das culturas. Também devem ser consideradas as adubações feitas anteriormente e o grau de adequação da amostragem de solo.

7.5 - ADUBAÇÃO DE CORREÇÃO TOTAL

A recomendação de adubação de correção total foi a alternativa utilizada a partir do final da década de 60, em toda a década de 70 e até meados da década de 80. Ela visava elevar os teores dos nutrientes fósforo e potássio no solo até o teor crítico, cujo valor foi estabelecido para um rendimento de aproximadamente 90% do rendimento máximo da cultura. O rendimento que confere máximo retorno econômico, em geral, situa-se próximo a esse valor (entre 85 e 95%). Em solos com valores de análise maiores do que o teor crítico, a resposta das plantas à adição de nutrientes é pequena ou nula, bastando adicionar as quantidades retiradas pelos grãos ou pela massa verde mais as perdas do sistema, que são variáveis: maiores no sistema convencional (entre 20 e 50%) e menores no sistema plantio direto (entre 20 e 30%).

A adubação de correção total é a alternativa mais indicada quando os solos são muito deficientes em fósforo e em potássio e quando há disponibilidade de recursos financeiros para investimento. Essa opção consiste em aplicar todo o fertilizante fosfatado ou potássico de uma só vez. Quando os resultados da análise indicarem teores de P ou de K "Alto" ou "Muito alto" (Figura 7.1), a adubação de correção não é indicada. Neste caso, adicionam-se somente as quantidades de manutenção ou o que for exportado pelas culturas (grãos ou massa verde), pois o teor do nutriente no solo é considerado adequado ou está na faixa de teor "Muito alto". Na Tabela 7.1 são apresentados os valores da correção de fósforo e de potássio para as faixas de teores desses nutrientes no solo. Em relação à retirada de nutrientes do solo pelas culturas, essas quantidades representam a "sobra" do sistema, cuja finalidade é elevar o teor de P e de K no solo até o teor crítico (Gianello & Wiethölter, 2004).

A aplicação dos fertilizantes destinados à correção do solo é feita a lanço, com incorporação no sistema convencional de cultivo. No sistema plantio direto esta aplicação pode ser feita na linha de semeadura ou distribuída a lanço e o fertilizante mantido na superfície do solo. Quando o teor no solo for muito baixo e a adubação for indicada para uma expectativa de rendimento muito alta, a dose será também muito alta. Por exemplo, para milho semeado em solo com teor de P na faixa "Muito baixo" e com a expectativa de rendimento de 9 t/ha, a quantidade de P_2O_5 a aplicar será: 120 kg/ha de correção total + 45 kg/ha para um rendimento de 4 t/ha de grãos + (5 x 15) kg/ha (que é a quantidade por tonelada adicional: 9 - 4 = 5). A dose a aplicar no cultivo do milho será, portanto, de 240 kg de P_2O_5 /ha. Nesse caso, é conveniente aplicar cerca de dois terços

Tabela 7.1. Quantidades de fósforo e de potássio a serem adicionadas ao solo para a adubação de correção total⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	120	120
Baixo	60	60
Médio	30	30

⁽¹⁾ Quando a opção for a adubação corretiva total, devem ser adicionadas também as quantidades de manutenção indicadas na Tabela 7.2 (colunas 3 e 4) para os rendimentos de referência da cultura. Para rendimento maior do que o indicado na tabela, adicionar por tonelada adicional de grãos a serem produzidos, as quantidades indicadas nas colunas 5 e 6 para fósforo e potássio, respectivamente.

No estabelecimento das doses da Tabela acima, considerou-se a capacidade tampão dos solos em P e K (kg de P₂O₅ ou K₂O necessários para aumentar, na análise, 1 mg de P ou K/dm³ de solo) e a quantidade necessária para elevar a concentração no solo desses elementos até o teor crítico.

a lanço e um terço na linha de semeadura. Procedimento semelhante deverá ser adotado no caso de potássio, porém, devido ao efeito salino dos fertilizantes potássicos, a dose máxima a aplicar na linha de semeadura é menor; no máximo 80 kg/ha para milho e soja.

Teores altos de fósforo e de potássio

Quando a faixa de teor do nutriente no solo for "Muito alto", e a quantidade indicada na tabela de recomendação for menor ou igual (\leq) à dose de manutenção, pode-se diminuir também as quantidades a acrescentar por tonelada adicional de grãos (ou massa seca) a serem produzidos. Por exemplo, na cultura do milho em segundo cultivo da seqüência, para um rendimento de 6 t/ha e com teor de P "Alto", a quantidade de P₂O₅ a adicionar seria 45 + 30 (expectativa adicional de rendimento de 2 t/ha de grãos), igual a 75 de P₂O₅/ha. Se o valor de P for "Muito alto", a recomendação pode ser igual ou menor. Com isso, seria adequada (dependendo dos outros fatores de produção) a adição de 25 kg para as 4 t/ha e de 8 a 10 kg por tonelada adicional de grãos a serem produzidos. Neste exemplo (2 t/ha a mais), seriam de 16 a 20 kg/ha, que somados aos 25 kg corresponderiam a uma aplicação de 40 a 45 kg de P₂O₅/ha, ao invés dos 75 kg indicados anteriormente para a faixa de teor "Alto".

Tabela 7.2. Valores de adubação de manutenção de fósforo e de potássio das culturas de grãos para os rendimentos especificados e quantidades a serem adicionadas por tonelada de grãos produzidos acima do rendimento de referência

Cultura	Rendimento referência	Valores de manutenção (M) para o rendimento referência ⁽¹⁾		Quantidade a acrescentar por tonelada adicional de grãos a serem produzidos	
	t/ha	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Amendoim	2	30	40	15	20
Arroz irrigado	4	20	20	10	10
Arroz de sequeiro	2	20	20	10	10
Aveia branca	2	30	20	15	10
Aveia preta	2	30	20	15	10
Canola	1,5	30	25	20	15
Centeio	2	30	20	15	10
Cevada	2	30	20	15	10
Ervilha seca e Ervilha forrageira	1,5	30	40	15	20
Ervilhaca	1	20	30	20	25
Feijão	1,5	25	30	15	20
Girassol	2	30	30	15	15
Linho	1,5	30	40	15	15
Milho	4	45	30	15	10
Milho pipoca	3	35	25	15	10
Nabo forrageiro	2	30	40	15	20
Painço	1,5	20	15	15	10
Soja	2	30	45	15	25
Sorgo	3	35	25	15	10
Tremoço	2	25	45	15	25
Trigo	2	30	20	15	10
Triticale	2	30	20	15	10

⁽¹⁾ Os valores de manutenção (M) podem ser diferentes do resultado da multiplicação do rendimento referência (coluna 2) pelos valores das colunas 5 e 6, pois os valores destas colunas foram ajustados para se enquadrarem em meia ou na dezena inteira.

Adubação corretiva em solos arenosos

A adubação corretiva total não é indicada para solos de classe textural 4, principalmente quando os teores de P ou de K forem muito baixos ou baixos, pois as quantidades de adubo de correção somadas àquelas de manutenção poderão ser muito altas. Isso pode acarretar, eventualmente, perdas de nutrientes por lixiviação. A recomendação para esses casos é a utilização da adubação corretiva gradual.

7.6 - ADUBAÇÃO CORRETIVA GRADUAL

A adubação corretiva gradual é indicada somente para as culturas de grãos e eventualmente para algumas culturas forrageiras quando em rotação (Capítulo 11). Ela consiste na aplicação, em dois cultivos, das quantidades indicadas para a correção total (Tabela 7.1) representando a "sobra" que é destinada para aumentar os teores de P e de K no solo ao nível desejado. As doses de correção são aplicadas na proporção de 2/3 no 1º cultivo e 1/3 no segundo cultivo para os solos cujos teores de P e de K forem interpretados como "Muito baixo" e "Baixo". Quando a interpretação dos teores for "Médio", a adubação de correção é feita integralmente no primeiro cultivo, pois a quantidade de fertilizante é pequena (30 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O, Tabela 7.1) em relação à indicada para as faixas "Muito baixo" e "Baixo". Além da quantidade equivalente à correção, é acrescentada a quantidade necessária para cada cultura, conforme a produtividade esperada.

7.7 - ADUBAÇÃO NITROGENADA

A adubação nitrogenada pode ser enquadrada no conceito de manutenção, sendo consideradas a contribuição da matéria orgânica e da cultura precedente, a expectativa de rendimento e as perdas do sistema (imobilização, volatilização e lixiviação). As recomendações de adubação são indicadas nos itens correspondentes a cada cultura. A exemplo de fósforo e potássio, a quantidade indicada na tabela deverá ser acrescida da quantidade sugerida no rodapé, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos, sempre que a expectativa de rendimento for maior do que a estabelecida para a cultura.

7.8 - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE ADUBAÇÃO

Um exemplo de utilização das tabelas de adubação e a recomendação de calcário para cinco glebas (ou cinco lavouras) é detalhado, a seguir, com os resultados de análise apresentados na Tabela 7.3.

Na Tabela 7.4 é dada a interpretação dos resultados da análise de solo das cinco glebas.

7.8.1- Interpretação de valores de pH do solo e necessidade de calagem

A interpretação dos resultados independe do sistema de cultivo; contudo, a utilização dessa interpretação é feita conforme a cultura e o sistema de cultivo. Por exemplo, no sistema plantio direto, um dos critérios para a recomendação de calagem é o

Tabela 7.3. Resultados da análise de solo de cinco glebas de uma lavoura

Gleba	Teor de argila	pH _{água}	Índice SMP	P	K	M.O.	Ca	Mg	Al
	%			- - mg/dm ³ - -		%	- - - - - cmol _c /dm ³ - - - - -		
1	65	5,4	5,9	2,0	65	4,0	5,7	3,4	0,2
2	63	5,4	5,8	14,5	185	3,8	6,5	3,8	0,2
3	45	5,1	5,9	6,2	50	2,9	2,1	1,4	1,0
4	12	5,8	6,9	12,5	25	1,9	2,0	1,1	0
5	35	6,1	6,5	20,5	75	3,5	4,1	2,6	0

Fósforo e potássio determinados pelo método Mehlich-1.

Tabela 7.3. Continuação

Gleba	CTC _{pH 7,0}	CTC _{efetiva}	Sat CTC _{pH 7,0} por bases	Sat CTC _{efetiva} por Al
	- - - - - cmol _c /dm ³ - - - - -		- - - - - % - - - - -	
1	14,2	9,5	65	2
2	16,2	11,0	66	2
3	8,5	4,6	43	22
4	4,7	3,2	67	0
5	9,3	6,9	74	0

valor do pH. Quando este for menor que 5,5, interpretado, portanto, como "Baixo" na Tabela 7.4, a calagem é necessária tanto para cultivos no sistema plantio direto como no sistema de preparo convencional. Quando a interpretação for "Médio", somente é necessária a calagem em solos no sistema de preparo convencional e para valores de pH até 5,9. Em solos com valores de pH de 6,0 ou maiores, a adição de calcário não é recomendada¹.

Sistema plantio direto

Neste sistema de plantio, definido como "consolidado" quando possuir mais de 5 anos de uso contínuo, os critérios para determinar a necessidade de calagem são o pH em água e a porcentagem da saturação da CTC_{pH 7,0} por bases. Quando necessário, utiliza-se também a porcentagem de saturação da CTC_{efetiva} por alumínio e o teor de P

¹ Com exceção das culturas da alfafa, aspargo e piretro, para as quais a calagem é recomendada quando o pH do solo for menor do que 6,5.

Tabela 7.4. Interpretação dos resultados das análises de solo das 5 glebas apresentadas na Tabela 7.3

Gleba	Interpretação dos resultados						
	Classe textural	pH	Teor de P	Teor de K	CTC _{pH 7,0}	Sat. por bases	Sat por Al
1	1	Baixo	Muito baixo	Alto	Médio	Médio	Baixo
2	1	Baixo	Muito alto	Muito alto	Alto	Médio	Baixo
3	2	Baixo	Médio	Médio	Médio	Baixo	Médio
4	4	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Muito baixo
5	3	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Muito baixo

do solo, sendo esses critérios complementares ao pH e à porcentagem da saturação da CTC_{pH 7,0} por bases.

Assim, pelo exemplo da Tabela 7.4, recomenda-se calagem no sistema plantio direto, apenas para as glebas 1 e 3. Na gleba 1, recomenda-se calagem pelo critério do pH (<5,5), mas não se recomendaria pelo critério da saturação por bases (=65%). Nesse caso, como os dois critérios não são concordantes, é necessária a utilização dos critérios complementares: saturação da CTC_{efetiva} por alumínio e teor de P no solo. Para que não seja recomendada a calagem, a saturação da CTC_{efetiva} por Al deve ser menor do que 10% e a faixa de teor de P no solo igual a "Muito alto". Para a gleba 1, o teor de P é "Muito baixo", sendo, portanto, recomendada a calagem para esta gleba no sistema plantio direto.

Na gleba 3, os dois critérios principais, pH (5,1) e saturação da CTC por bases (43%) indicam a necessidade de calagem, não sendo necessário utilizar os critérios complementares.

Na gleba 2, é indicada a necessidade de calagem pelo critério do pH em água (<5,5), mas não é pelo critério da saturação por bases (>65%); a saturação por Al é menor do que 10%, e o teor de P é "Muito alto". Nesse caso, a calagem não é recomendada no sistema plantio direto.

Para as demais glebas (4 e 5), não será necessário aplicar calcário, pois os valores dos dois critérios principais (pH e saturação de bases) estão acima do mínimo exigido.

Sistema de preparo convencional

No sistema de preparo convencional ou para culturas em que é recomendado elevar o pH do solo a 6,0, os resultados da Tabela 7.3 e a sua interpretação na Tabela 7.4 indicam a necessidade de calagem para as glebas 1, 2, 3 e 4. Já para a gleba 5 não se recomenda calagem, pois o pH é superior a 6,0.

7.8.2 - Interpretação dos teores de P e de K no solo

As quantidades de fósforo (P_2O_5) e de potássio (K_2O) recomendadas dependem do teor no solo, da cultura, da expectativa de rendimento e da disponibilidade de recursos financeiros para investimento. Para o caso de potássio, deve ser também considerada a $CTC_{pH\ 7,0}$ (Tabela 5.5). Para a faixa de teor "Muito alto", as recomendações de P e de K variam de zero até o valor indicado de manutenção. Para a faixa de teor "Alto", a quantidade indicada é a adubação de manutenção². Para as faixas de teores "Muito baixo", "Baixo" e "Médio", há duas alternativas. Na primeira, aplica-se todo o fertilizante no primeiro cultivo (adubação corretiva total) mais a manutenção da

Tabela 7.5. Quantidades a aplicar de fósforo e de potássio pela adubação de correção total para as cinco glebas apresentadas na Tabela 7.3, mais as quantidades de adubação de manutenção para as culturas de trigo e de soja com expectativa de rendimento de 2 toneladas de grãos por hectare para ambas as culturas

Glebas	Adubação corretiva total		Adubação de manutenção			
			Trigo		Soja	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
	----- kg/ha -----		----- kg/ha -----			
1	120	0	30	20	30	45
2	0	0	0	0	≤ 30	≤ 45
3	30	30	30	20	30	45
4	60	60	30	20	30	45
5	0	0	30	20	30	45

⁽¹⁾ A dose efetivamente aplicada depende de vários fatores e pode variar na amplitude dos valores estabelecidos na tabela.

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela, por tonelada adicional de grãos:

trigo = 15 kg de P_2O_5 e 10 kg de K_2O ;

soja = 15 kg de P_2O_5 e 25 de K_2O .

² Para detalhes, consultar o item 7.3, "Conceito de adubação de manutenção", na página 74.

cultura; e na segunda, aplica-se a quantidade referente à correção em dois cultivos sucessivos acrescida da manutenção de cada cultura. A escolha de uma ou de outra depende essencialmente dos recursos financeiros disponíveis.

No caso da opção pela adubação corretiva total e adubação de manutenção nas cinco glebas do exemplo dado na Tabela 7.3, as quantidades de fertilizantes para as culturas de trigo e de soja são indicadas na Tabela 7.5.

No exemplo dado, foram escolhidas as culturas de trigo e de soja. No entanto o princípio é válido para qualquer seqüência de culturas. Após a correção, os teores de P e de K deverão estar próximos ao teor crítico, e torna-se suficiente a adição somente da adubação de manutenção (perdas eventuais mais exportação) para cada cultura. Após cada dois ou três cultivos, recomenda-se reamostrar o solo para monitorar os teores de P e de K, assim como os outros indicadores de fertilidade.

Quando for adotada a alternativa de correção gradual da fertilidade da lavoura, as doses de P e de K da correção total são divididas em dois cultivos. Os valores apresentados na Tabela 7.6 foram obtidos pela interpretação dos resultados de análise e utilização das tabelas (p. 146 e 151) das respectivas culturas.

Tabela 7.6. Recomendações de adubação corretiva gradual para uma seqüência de dois cultivos com expectativa de rendimento de 2 toneladas de grãos por hectare (para ambas as culturas) nas cinco glebas da Tabela 7.3

Glebas ⁽¹⁾	Trigo no 1º cultivo			Soja no 2º cultivo		
	N ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg/ha -----			----- kg/ha -----		
1	40 - 60	110	20	0	70	45
2	40 - 60	0	0	0	≤ 30	≤ 45
3	40 - 60	60	50	0	30	45
4	60 - 80	70	60	0	50	65
5	40 - 60	30	20	0	30	45

⁽¹⁾ Após o segundo cultivo, deve ser coletada outra amostra de solo para análise e recomendação de adubação para as culturas subseqüentes.

⁽²⁾ A dose de nitrogênio é função do teor de matéria orgânica e da cultura precedente.

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela, por tonelada adicional de grãos:

trigo = 20 a 30 kg de N, 15 kg de P₂O₅ e 10 kg de K₂O;

soja = 15 kg de P₂O₅ e 25 de K₂O.

No exemplo dado, as produtividades são relativamente baixas, mas foram utilizadas por serem os rendimentos referência do sistema, ou seja, são os rendimentos mínimos esperados com a adoção do sistema de recomendação. No entanto, sempre que a expectativa de rendimento for maior do que a indicada, deve-se adicionar as quantidades de N, de P_2O_5 e de K_2O que constam nas notas de rodapé das tabelas das culturas e na Tabela 7.2 (p. 78).

7.9 - ALTERNATIVAS PARA AS RECOMENDAÇÕES DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO

7.9.1 - Estabelecimento do sistema plantio direto

As doses de fertilizante recomendadas podem ser aumentadas no estabelecimento do sistema plantio direto através da aração e gradagem, principalmente quando os teores de P e de K no solo forem muito baixos e as classes texturais forem 1, 2 e 3. Devido à baixa mobilidade que esses elementos apresentam no solo, a elevação posterior de seus teores em toda camada arável do solo (zero a 20 cm) será pouco provável.

7.9.2 - Valores muito altos na análise

A adubação fosfatada e/ou potássica pode não ser recomendada na primeira cultura quando o teor no solo for "Muito alto". É necessário, entretanto, certificar-se de que foi utilizada a técnica correta de amostragem do solo, que a amostra não apresenta contaminação, se foi usado fosfato natural, e qual o histórico de adubações da área. Para algumas culturas, pode ser necessária a aplicação de uma pequena quantidade de fertilizantes (principalmente P) na linha de semeadura, mesmo com teores de nutrientes na faixa de teor "Muito alto", para favorecer o crescimento inicial das plantas.

7.9.3 - Fosfatos naturais

As quantidades de P_2O_5 recomendadas nas tabelas são expressas como fósforo solúvel em citrato neutro de amônio + água. Fosfatos naturais reativos, cujo teor de P_2O_5 solúvel é determinado pela extração com ácido cítrico a 2% (relação 1:100) podem ser também usados (Tabela A2.1). Por apresentarem menor solubilidade do que os fosfatos acidulados, seu uso é mais indicado para solos com faixa de teor de P "Médio" ou superior. Os rendimentos das culturas obtidos pela aplicação de fosfatos naturais em solos com teor de P baixo são menores no início, mas, ao longo do tempo, tornam-se semelhantes aos rendimentos obtidos com fosfatos acidulados. A dose de P_2O_5 pode ser estabelecida em função do teor total de P_2O_5 , que pela legislação deve ser no mínimo 28,0%.

7.9.4 - Relação entre preço de fertilizante e de produto

A relação entre o preço do fertilizante e o preço do produto colhido depende de vários fatores de mercado, podendo as doses serem ajustadas conforme a expectativa de retorno líquido.

As recomendações de fertilizantes são baseadas também na produção esperada. Essa depende de vários fatores, como potencial de produção dos cultivares utilizados, épocas de plantio, restrições climáticas, capacidade de produção do solo, manejo da cultura, etc.

7.10 - MANEJO DA ADUBAÇÃO NA PROPRIEDADE

Decorridos dois cultivos após a adubação de correção, as diferenças de disponibilidade de P e de K inicialmente existentes entre as cinco glebas ilustradas nas Tabelas 7.3 e 7.4 serão mínimas. Ao final de dois ou três cultivos, o teor de P no solo das cinco glebas deverá se enquadrar na mesma faixa de interpretação e, possivelmente, na faixa de teor "Alto", se o sistema for manejado adequadamente. Dessa forma, as adubações subseqüentes serão simplificadas, facilitando o manejo das glebas com a adição das doses de manutenção conforme o rendimento.

A resposta das culturas aos fertilizantes ou ao calcário depende do grau de deficiência de nutrientes ou do nível de acidez do solo. Dessa forma, se a análise de solo indicar, por exemplo, deficiência de fósforo, é muito provável que haverá incremento no rendimento com a aplicação deste nutriente ao solo. Assim, quanto maior a deficiência do nutriente no solo, maior será a resposta em rendimento e o retorno econômico.

Em geral, as doses de fertilizantes ou de calcário indicadas nas tabelas para as diversas culturas pressupõem que haverá retorno econômico com a adubação ou com a calagem. As quantidades recomendadas constituem o que se presume ser a dose adequada para cada situação de análise de solo, e as modificações dessas quantidades podem ser necessárias, conforme a situação específica de cada lavoura.

7.11 - ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

As informações de pesquisas realizadas nos últimos anos indicam que a maioria dos solos apresenta disponibilidade adequada de micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn e Mo), não tendo havido incremento no rendimento com a sua aplicação, apesar de, às vezes, as plantas indicarem aspecto visual de algum efeito, que, no entanto, não se traduz em aumento de rendimento das culturas. Em adição, deve ser considerado que a maioria dos fertilizantes fosfatados e o calcário apresentam alguns desses nutrientes

em sua composição (ver Tabela 8.5). Já os adubos orgânicos podem conter concentrações significativas desses elementos. Por essa razão, a aplicação de micronutrientes só deve ser feita se a análise de solo ou do tecido foliar indicar evidente deficiência. No entanto algumas culturas apresentam exigências específicas de algum micronutriente. Quando esse for o caso, os detalhes constam nas recomendações de cada cultura.

CORRETIVOS E FERTILIZANTES MINERAIS

Vários materiais podem ser utilizados como corretivos e fertilizantes. Neste capítulo são apresentados e caracterizados os mais importantes para as condições brasileiras. Informações complementares quanto à legislação brasileira de corretivos e de fertilizantes são apresentadas no Anexo 2.

8.1 - CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO

Muitos materiais de reação alcalina podem ser utilizados para corrigir a acidez do solo, como por exemplo: cal virgem, cal apagada, calcário calcinado, conchas marinhas moídas, cinzas, resíduos industriais, etc. Os corretivos mais comumente disponíveis e utilizados no Brasil são os calcários agrícolas, obtidos pela moagem de rochas calcárias.

Devido à grande variabilidade na qualidade e no preço dos produtos existentes no mercado, é necessário determinar seu valor corretivo. A eficiência de um corretivo depende principalmente do teor e do tipo de compostos que neutralizam a acidez do solo e da velocidade de reação de neutralização, a qual depende da sua granulometria (tamanho das partículas).

8.1.1 - Teor e tipo de neutralizantes

Os corretivos podem apresentar teores variáveis de impurezas, como sílica, argila, água, etc., que não corrigem a acidez e, portanto, diminuem sua qualidade.

Os principais compostos neutralizantes de acidez presentes nos corretivos são os carbonatos de cálcio e de magnésio (CaCO_3 e MgCO_3 , respectivamente) nos calcários; os óxidos de cálcio e de magnésio (CaO e MgO) na cal virgem; e os hidróxidos de

cálcio e de magnésio [Ca(OH)₂ e Mg(OH)₂] na cal apagada. Os calcários calcinados contêm carbonatos e óxidos de cálcio e de magnésio. O carbonato de cálcio é o principal componente das conchas moídas. Os resíduos industriais podem conter carbonatos, óxidos e hidróxidos de cálcio e de magnésio, dependendo das matérias-primas e processos utilizados.

Devido à sua composição química variável, os corretivos têm diferentes capacidades de neutralização de ácidos. Esta capacidade, chamada de poder de neutralização (PN), é expressa em relação àquela do carbonato de cálcio puro, ao qual é atribuído o valor de 100%. Assim, a capacidade de neutralização ou PN dos compostos e corretivos é também chamada de equivalente em carbonato de cálcio (E_{CaCO₃}). Quanto maior o PN de um composto ou corretivo, maior é a quantidade de ácidos que ele neutraliza. Assim, para corrigir uma determinada quantidade de ácidos no solo, será necessário tanto mais corretivo quanto menor for seu PN ou E_{CaCO₃}. Na Tabela 8.1, são apresentados a composição química, os valores de PN e as quantidades equivalentes em CaCO₃ de compostos existentes em materiais corretivos de acidez.

Em laboratório, a determinação do PN ou E_{CaCO₃} é feita pela reação de amostra do corretivo com quantidade conhecida de ácido, titulando-se o excesso de ácido com hidróxido de sódio. A legislação brasileira (Brasil, 2004c) permite o cálculo do PN pelos teores de cálcio e de magnésio solúveis em ácido, expressos na forma de óxidos desses elementos (CaO e MgO). O teor de óxidos é apenas a forma de expressar os resultados analíticos no laudo, à semelhança do que é feito para os fertilizantes, mesmo que o Ca e o Mg estejam em outras formas químicas. Nos calcários agrícolas, por exemplo, o Ca e o Mg estão na forma de carbonatos e não de óxidos. Assim, quando a origem de um possível material corretivo é desconhecida, deve-se determinar o PN pelo método

Tabela 8.1. Composição química, poder de neutralização (PN) ou equivalente em CaCO₃ (E_{CaCO₃}) e quantidades equivalentes a uma tonelada de CaCO₃ dos principais compostos presentes em corretivos de acidez

Corretivo	Fórmula	PN ou E _{CaCO₃}	Quantidade equivalente
		%	kg
Carbonato de cálcio	CaCO ₃	100	1.000
Carbonato de magnésio	MgCO ₃	119	840
Hidróxido de cálcio	Ca(OH) ₂	135	741
Hidróxido de magnésio	Mg(OH) ₂	172	581
Óxido de cálcio	CaO	179	559
Óxido de magnésio	MgO	248	403

direto por reação com ácido, pois as determinações de Ca e de Mg e posterior expressão como CaO e MgO podem não indicar adequadamente o teor de neutralizantes do material.

Para calcular o valor do PN de um corretivo, utilizando-se os teores de CaO e de MgO, deve-se usar as relações entre os pesos moleculares desses materiais e do CaCO_3 (Tabela 8.1) ou seja $100/56 = 1,79$ para o CaO e $100/40 = 2,48$ para o MgO. Por exemplo, se o fabricante garante os teores de 30% de CaO e 15% de MgO, tem-se:

$$\text{PN devido ao CaO} = 30\% \times 1,79 = 54\%;$$

$$\text{PN devido ao MgO} = 15\% \times 2,48 = 37\%;$$

$$\text{PN do corretivo} = 54\% + 37\% = 91\%.$$

8.1.2 - Tamanho de partículas

Os corretivos de acidez têm partículas de vários tamanhos, desde pó até grânulos de 2,0 mm de diâmetro. Alguns materiais, como os resíduos industriais úmidos e/ou não moídos, podem ter agregados maiores que 2 mm. Quanto maior o diâmetro das partículas do corretivo, tanto maior será o tempo necessário para a reação com os ácidos do solo. O calcário moído que passa em peneira ABNT n° 270 (orifícios de 0,053 mm), a cal virgem e a cal apagada reagem rapidamente e, portanto, corrigem a acidez em poucas semanas, se o solo estiver úmido. Os calcários agrícolas são materiais muito pouco solúveis, portanto devem ser finamente moídos para aumentar a superfície de contato entre as partículas e o solo. Resultados de pesquisa a campo indicam que as partículas menores que 0,053 mm (passam em peneira ABNT n° 270) reagem completamente em menos de um mês, e partículas entre 2,00 e 0,84 mm (ficam retidas na peneira ABNT n° 20, mas passam na peneira ABNT n° 10) necessitam de prazo maior que 60 meses para completa reação (Pandolfo & Tedesco, 1996).

O efeito do tamanho de partículas na eficiência do corretivo é expresso pelo fator reatividade (RE). Essa se refere à eficiência relativa das frações granulométricas do corretivo. A separação das partículas em frações granulométricas possibilita a estimativa da reatividade de um corretivo, conhecendo-se os índices de eficiência de cada fração. Assim, pela legislação atual, os valores de reatividade são: 1,0 para partículas com diâmetro menor que 0,30 mm; 0,6 para partículas entre 0,30 e 0,84 mm; 0,2 para partículas entre 0,84 e 2,00 mm; e zero para partículas maiores que 2,00 mm de diâmetro (Brasil, 2004c).

A reatividade de um corretivo pode ser facilmente calculada pela análise granulométrica. Por exemplo, se um calcário apresentar a seguinte composição granulométrica:

- 60% passa na peneira n° 50 (< 0,30 mm)

- 20% passa na peneira nº 20, mas é retido na de nº 50 ($\geq 0,30$ e $< 0,84$ mm)
- 18% passa na peneira nº 10, mas é retido na de nº 20 ($\geq 0,84$ e $< 2,00$ mm)
- 2% é retido na peneira nº 10 ($\geq 2,00$ mm),

a sua reatividade (RE) é a soma das eficiências das quatro frações:

$$RE = (60\% \times 1,0) + (20\% \times 0,60) + (18\% \times 0,20) + (2\% \times 0,0) = 75,6\%.$$

8.1.3 - Eficiência do corretivo (PRNT)

A eficiência de um corretivo depende de suas características químicas, expressas pelo PN ou E_{CaCO_3} , e de suas características físicas, expressas pela RE. A eficiência do corretivo é indicada pelo "poder relativo de neutralização total" (PRNT), da seguinte forma:

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

Por exemplo, se um corretivo tem PN=91% e RE=75,6%, seu PRNT será:

$$PRNT = (91 \times 75,6)/100 = 68,8\%.$$

Esse valor indica que uma quantidade de 1.000 kg deste corretivo terá, em 2 ou 3 anos, o mesmo efeito de correção da acidez do solo que 688 kg de $CaCO_3$ puro e finamente moído. Portanto, o PRNT indica a proporção do corretivo que efetivamente neutraliza a acidez do solo num período de 2 a 3 anos. Assim, para neutralizar a acidez de um solo, deve-se usar tanto mais calcário quanto menor seu PRNT, ajustando-se a dose a ser aplicada, pois as recomendações são feitas considerando-se um produto com PRNT 100% (Tabela 6.2). Para uma recomendação de 3,0 t/ha, deve-se aplicar do corretivo acima:

$$3,0 \times 100/68,8 = 4,4 \text{ t/ha}.$$

Ao adquirir um corretivo, é importante considerar o custo do produto por unidade de PRNT, posto na área a corrigir e não o custo por tonelada de produto.

Além do PRNT do corretivo, deve-se também considerar o seu teor de magnésio, por ser este um nutriente geralmente determinado em menor teor que o cálcio nos solos ácidos do Estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Por essa razão, como orientação geral, recomenda-se optar, sempre que possível, por corretivos que contenham magnésio, como os calcários dolomíticos. Em algumas situações, como a aplicação de calcário na linha de semeadura ou a necessidade de rápida correção da acidez, deve-se utilizar um produto finamente moído, com predominância de partículas menores que 0,15 mm de diâmetro (tipo "filler"). Em outras situações em que não será mais possível o revolvimento do solo após a correção da acidez (por ex.: no estabelecimento do plantio direto ou na correção do solo na camada de zero a 40 cm antes da

Tabela 8.2. Garantias mínimas de poder de neutralização (PN), da soma de óxidos (CaO + MgO) e de PRNT exigidas para os principais corretivos da acidez do solo⁽¹⁾

Corretivo	PN (E _{CaCO₃})	CaO + MgO	PRNT (mínimo)
	----- % -----		
Calcário agrícola	67	38	45
Cal virgem agrícola	125	68	120
Cal hidratada agrícola	94	50	90
Calcário calcinado agrícola	80	43	54
Outros	67	38	45

⁽¹⁾ Fonte: Brasil (2004c).

implantação de pomares) pode-se utilizar calcário com partículas maiores (mas inferiores a 2,0 mm), corrigindo a dose a aplicar pelo PRNT. Nesse caso o efeito residual será prolongado.

8.1.4 - Legislação

Os valores mínimos de equivalente em CaCO₃ admitidos pela legislação brasileira atual, de acordo com a natureza do material, são apresentados na Tabela 8.2. Na Tabela 8.3, é apresentada a classificação dos corretivos conforme seu teor de MgO. Por essas tabelas, verifica-se que os valores mínimos para PN e PRNT são de 67% e de 45% respectivamente.

Em relação à granulometria, a legislação exige que 100% do material corretivo passe em peneira de 2,0 mm (ABNT n° 10), com tolerância de 5% (mínimo de 95% de partículas menores que 2 mm); 70% passe em peneira de 0,84 mm (ABNT n° 20) com tolerância de 5%; e 50% passe em peneira de 0,30 mm (ABNT n° 50). Os corretivos de acidez poderão apresentar, no máximo, até 10% de umidade. Outras informações sobre a legislação brasileira de corretivos são apresentadas no Anexo 2.

8.1.5 - Uso de gesso agrícola

O gesso agrícola (CaSO₄.2H₂O) é um subproduto da fabricação de ácido fosfórico na indústria de fertilizantes fosfatados. É também denominado fosfogesso por conter uma pequena quantidade de fósforo (0,5 a 0,8% de P₂O₅).

Por sua natureza, o gesso agrícola não é um corretivo de acidez de solo. Pela legislação, é classificado como corretivo de sodicidade e condicionador de solo (Brasil,

Tabela 8.3. Classificação dos calcários de acordo com o teor de MgO⁽¹⁾

Classificação	MgO
	%
Calcítico	< 5
Dolomítico	≥ 5

⁽¹⁾ Fonte: Brasil (2004c).

2004c). Constitui fonte dos nutrientes cálcio e enxofre para as plantas. Devido à sua maior solubilidade, comparativamente ao calcário, pode proporcionar um aumento dos teores de cálcio, de enxofre e, em menor quantidade, de magnésio em profundidade no perfil do solo, aumentando a saturação por bases e diminuindo a saturação por alumínio (Raij, 1988). Esse efeito é variável e depende do tipo de solo e da quantidade aplicada.

Os resultados de vários trabalhos de pesquisa conduzidos nos solos dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina indicam que a aplicação de gesso não aumenta o rendimento das culturas em situações onde não há deficiência de cálcio e/ou de enxofre, principalmente em solos calcariados (Ernani et al., 1992; Ernani, 1993). A aplicação de gesso pode ser recomendada para culturas exigentes em cálcio, como, por exemplo, a macieira.

Foi observada, recentemente, resposta à aplicação de gesso em cultivos de milho e de soja em Campos Novos (SC) após seis anos da aplicação, devido à maior profundidade do sistema radicular das culturas, principalmente quando ocorreu verão com estiagem (Nuernberg et al., 2002).

A adição de gesso a corretivos da acidez reduz o PRNT das misturas, visto que este produto não apresenta efeito neutralizante da acidez.

8.1.6 - Outros aspectos referentes a corretivos de solo

Relação Ca:Mg

O teor de magnésio é outro fator a considerar na escolha de um corretivo de acidez. Corretivos com teor muito baixo de Mg, como os calcários calcíticos e conchas marinhas moídas, por exemplo, não são recomendados para solos com baixo teor deste elemento. Entretanto, para a maioria das culturas, a relação Ca:Mg dos corretivos pode variar entre limites muito amplos, desde que ambos estejam em nível de suficiência (ver item 5.4, p. 52). Em alguns casos, porém, esta relação deve ser considerada, como no cultivo da macieira, em que alto teor de Mg no corretivo pode inibir a absorção de Ca pelas plantas, prejudicando a qualidade e a conservação dos frutos. Nesse caso, os calcários calcíticos são, às vezes, recomendados.

Presença de outros componentes

Os corretivos geralmente contêm outros componentes, presentes nos ambientes de origem. Pequenas quantidades de Na, P, K, micronutrientes e metais pesados podem ser determinadas, geralmente em quantidades menores que 0,01%. Com a dissolução das partículas do corretivo, estes elementos participam das reações químicas que ocorrem no solo. Porém, a contribuição destes elementos para o teor total no

solo é, em geral, muito pequena, podendo ser desconsiderada como adubação ou contaminação do solo. Os teores de metais pesados deverão, entretanto, ser considerados quando são utilizados resíduos industriais como corretivos de solo (item 9.7).

8.2 - FERTILIZANTES MINERAIS

Em geral, os adubos minerais são sais inorgânicos de diferentes solubilidades. A eficiência agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com o solo. Os fertilizantes nitrogenados são totalmente solúveis no solo, podendo uma parte ser lixiviada. Os fertilizantes potássicos são também solúveis, porém as perdas por lixiviação são menores do que as dos nitrogenados, pois o íon K^+ é retido nos sítios de troca, e a água de percolação retira apenas a fração presente na solução do solo. A solubilidade dos fertilizantes fosfatados no solo é bastante variável, em função do tipo de fosfato e do tratamento térmico ou químico da rocha fosfatada.

A escolha de fertilizantes adequados constitui aspecto muito importante na administração de uma propriedade agrícola. A opção por produtos menos eficientes pode aumentar o custo de produção ou determinar o insucesso da lavoura.

De acordo com a legislação vigente (Brasil, 2004b), os fertilizantes podem ser classificados, quanto à sua natureza, em minerais e orgânicos. A composição em nutrientes, o preço por unidade de nutriente e a eficiência agrônômica dessas fontes variam amplamente. Os teores mínimos que os principais fertilizantes devem apresentar constam nas Tabelas 8.4 e 8.6.

No Anexo 2, são apresentadas algumas informações referentes à legislação brasileira de fertilizantes e à compatibilidade entre componentes de misturas de fertilizantes.

8.2.1 - Fertilizantes nitrogenados

As principais fontes são a uréia, o nitrato de amônio e o sulfato de amônio (Tabela 8.4). Como o efeito da unidade de N dessas fontes é equivalente em termos de rendimento das culturas, deve ser escolhido o fertilizante de menor custo por kg do elemento posto na propriedade e compatível com a utilização desejada (Anexo 2).

8.2.2 - Fertilizantes fosfatados

Os fertilizantes fosfatados apresentam ampla diversidade quanto à origem, às características físico-químicas e à solubilidade, destacando-se os fosfatos naturais, os termofosfatos e os fosfatos acidulados (solúveis). As informações mais importantes

Tabela 8.4. Teores mínimos de nutrientes dos principais fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos

Fertilizantes	Garantia mínima	Observações
Nitrogenados		
Uréia	44% de N	
Sulfato de amônio	20% de N	22 a 24% de S
Nitrato de amônio	32% de N	
Nitrato de cálcio	14% de N	18 a 19% de Ca
Fosfatados		
Superfosfato simples	18% de P ₂ O ₅ em CNA+água ⁽¹⁾	18 a 20% de Ca e
	16% de P ₂ O ₅ em água ⁽²⁾	10 a 12% de S
Superfosfato triplo	41% de P ₂ O ₅ em CNA+água 37% de P ₂ O ₅ em água	12 a 14% de Ca
Fosfato monoamônico (MAP)	48% de P ₂ O ₅ em CNA+água	9% de N
	44% de P ₂ O ₅ em água	
Fosfato diamônico (DAP)	45% de P ₂ O ₅ em CNA+água	16% de N
	38% de P ₂ O ₅ em água	
Fosfato natural parcialmente acidulado	20% de P ₂ O ₅ total ⁽³⁾	25 a 27% de Ca,
	9% de P ₂ O ₅ em CNA+água	0 a 6% de S e
	5% de P ₂ O ₅ em água	0 a 2% de Mg
Termofosfato magnesiano	17% de P ₂ O ₅ total	7% de Mg e
	14% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico ⁽⁴⁾	18 a 20% de Ca
Fosfato natural	24% de P ₂ O ₅ total	23 a 27% de Ca
	4% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico	
Fosfato natural reativo ⁽⁵⁾	28% de P ₂ O ₅ total (farelado) 9% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico	30 a 34% de Ca
Escória Thomas	12% de P em ácido cítrico	20 a 29% de Ca e 0,4 a 3% de Mg
Farinha de ossos	20% de P ₂ O ₅ total	1,5% de N
	16% em ácido	≤ 15% umidade e ≤ 6% de matéria orgânica
Potássicos		
Cloreto de potássio	58% de K ₂ O em água	45 a 48% de Cl
Sulfato de potássio	48% de K ₂ O em água	15 a 17% de S

Fonte: Brasil (1983a, 1983b).

⁽¹⁾ Soma da solubilidade em citrato neutro de amônio (CNA) e em água.

⁽²⁾ Solubilidade em água.

⁽³⁾ Solúvel em ácidos fortes concentrados.

⁽⁴⁾ Ácido cítrico a 2%, na relação fertilizante:solução de 1:100.

⁽⁵⁾ Exemplos: Arad, Marrocos, Gafsa, Carolina do Norte (ver Tabela A2.1).

sobre os principais fosfatos são apresentadas na Tabela 8.4, e as complementares, incluindo alguns fosfatos menos utilizados (escórias, farinha de ossos, etc.), no Anexo 2.

Fosfatos naturais e termofosfatos

Os fosfatos naturais são produtos que podem ser utilizados como fertilizantes após tratamentos físicos, como moagem, separação mecânica, flotação, etc. O fósforo em todas as rochas fosfatadas, ígneas e sedimentares, está presente na forma de fosfato tricálcico $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, sendo muito insolúvel.

Em geral, os fosfatos provenientes de rochas ígneas apresentam elevado grau de cristalinidade, sendo muito pouco solúveis. Alguns fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Anitápolis, Jacupiranga, Catalão, etc.) enquadram-se nesta categoria, apresentando baixos valores de índice de eficiência agrônômica (< 50% em culturas anuais) em relação ao superfosfato triplo, utilizado como fonte padrão (Goedert & Lobato, 1984). O uso desses fosfatos não é, portanto, recomendado para culturas anuais.

Os fosfatos naturais denominados "reativos" são provenientes de depósitos recentes de origem sedimentar e de natureza não-cristalina. Sua solubilidade é, portanto, maior do que a dos fosfatos naturais de natureza cristalina, aumentando com a redução do diâmetro de partículas. Atualmente são comercializados na forma farelada (partículas menores que 4,8 mm de diâmetro – Anexo 2), não devendo ser empregados para o preparo de formulações granuladas.

Desaconselha-se o uso de fosfatos naturais, que são muito pouco solúveis em água na forma granulada, pois os dados de pesquisa nos Estados do RS e de SC indicam que a granulação desses fosfatos diminui muito sua eficiência agrônômica nos primeiros cultivos.

Os termofosfatos são obtidos pelo tratamento térmico de fosfatos naturais com adição de compostos magnesianos e silícicos. São praticamente insolúveis em água, mas apresentam alto índice de eficiência agrônômica quando aplicados ao solo na forma de pó.

Fosfatos solúveis e parcialmente acidulados

Os fosfatos solúveis são obtidos pela reação de rocha fosfática com os ácidos sulfúrico (superfosfato simples) e fosfórico (superfosfato triplo) ou pela amoniação do ácido fosfórico [fosfato monoamônico (MAP) e fosfato diamônico (DAP)]. São solúveis em solução de citrato neutro de amônio + água e indicados para a granulação e para o preparo de formulações granuladas.

Os fosfatos parcialmente acidulados são provenientes da reação parcial de rocha fosfática com ácidos fortes. Resultados de pesquisa indicam que a eficiência agrônômica desses fosfatos é proporcional à fração solubilizada pela reação com o ácido.

Caracterização química de adubos fosfatados

Conforme a legislação, este grupo de fertilizantes deve apresentar na embalagem os valores das seguintes características (Brasil, 1982; 1983a; 1983b):

a. fosfatos acidulados (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico, fosfato diamônico e parcialmente acidulados) e misturas que os contenham:

- teor solúvel em citrato neutro de amônio mais água;
- teor solúvel em água, somente para fosfatos acidulados e parcialmente acidulados, quando comercializados isoladamente;
- teor total, somente para os parcialmente acidulados, quando comercializados isoladamente;

b. fosfatos naturais, termofosfatos, escórias de desfosforização e farinha de ossos, quando comercializados isoladamente:

- teor total e teor solúvel em ácido cítrico a 2% (relação 1:100).

c. misturas que contenham fosfato natural, termofosfato, escórias de desfosforização e farinha de ossos:

- teor solúvel em água e em ácido cítrico a 2% (relação 1:100).

A escolha dos fertilizantes fosfatados deve ser baseada no custo efetivo da unidade de P_2O_5 solúvel nas seguintes soluções:

- citrato neutro de amônio mais água, para o superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico, fosfato diamônico e fosfatos parcialmente acidulados;

- ácido cítrico a 2% (relação 1:100) para os termofosfatos, escórias de desfosforização, farinha de ossos e fosfatos naturais nacionais;

- no caso dos fosfatos naturais reativos, pode ser considerado o teor de P_2O_5 total, pois o efeito acumulativo, obtido em três ou mais cultivos, é semelhante aos fosfatos acidulados.

Alguns fertilizantes fosfatados, além do seu efeito como fonte de fósforo às plantas, apresentam efeitos complementares. Os termofosfatos em geral, incluindo as

escórias, apresentam efeitos de correção da acidez do solo, dependendo da quantidade usada, do nível da acidez do solo e do cultivo utilizado. Os fertilizantes acidulados com ácido sulfúrico, tais como o superfosfato simples e os fosfatos parcialmente acidulados, apresentam enxofre na sua composição, o que poderá ser uma característica desejável em solos deficientes neste elemento. Há também produtos que apresentam micronutrientes em sua composição, geralmente em pequenas concentrações. Essas características, quando desejáveis, devem ser levadas em conta e incluídas no custo do produto. A Tabela 8.5 apresenta as concentrações médias de micronutrientes geralmente encontradas no calcário, no gesso e em alguns adubos fosfatados.

Os fertilizantes fosfatados, incluindo os fosfatos naturais, a exemplo de outros materiais de origem mineral, como os calcários, contêm concentrações variáveis de metais pesados (Conceição & Bonotto, 2003). Entretanto a contribuição desses elementos para o teor total no solo é relativamente pequena, podendo ser desconsiderada como contaminação do solo, quando usadas as doses de fertilizantes normalmente recomendadas.

8.2.3 - Fertilizantes potássicos

As principais fontes de potássio disponíveis no mercado são o cloreto de potássio e o sulfato de potássio, cujas principais características são apresentadas na Tabela 8.4. Deve-se dar preferência à fonte de K que apresente o menor custo por unidade de

Tabela 8.5. Conteúdo médio de micronutrientes em calcário, em gesso e em alguns fertilizantes fosfatados utilizados no Brasil

Elemento	Calcário	Gesso	DAP	MAP	SFS	SFT	TermoP
	----- g/t -----						
B	30	3	100	100	30	110	6
Co	25	2	11	3	4	2	
Cu	26	8	7	7	20	120	44
Fe	4.599	670			6.565	38.410	
Mn	334	15	235	90	155	300	2.220
Mo	1	16	11	14	3	9	7
Ni	19	2			38	24	3.300
Zn	46	9	122		78	810	374

Fonte: Malavolta (1994).

DAP= fosfato diamônico; MAP= fosfato monoamônico; SFS= superfosfato simples; SFT= superfosfato triplo; TermoP = termofosfato.

K₂O posto na propriedade, caso não haja recomendação específica para a cultura. Outras informações referentes a adubos potássicos constam no Anexo 2.

8.2.4 - Fórmulas NPK

A análise de solo, a cultura e outros critérios técnicos devem ser utilizados para indicar a fórmula do fertilizante, quando for o caso. Deve-se optar pela fórmula que apresentar o menor custo por unidade de NPK, entregue na propriedade. Nos cálculos, considerar o teor de P₂O₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água ou ácido cítrico a 2% (relação 1:100), conforme a origem do produto (Tabela 8.4).

A determinação da fórmula adequada para a adubação é feita da seguinte maneira: supondo que a recomendação de plantio seja a aplicação de 10 kg de N/ha, 120 kg de P₂O₅/ha e de 80 kg de K₂O/ha, a proporção básica será: 1:12:8. As fórmulas adequadas serão, portanto (múltiplos da proporção básica): 2-18-12 (667 kg/ha), 2-24-16 (500 kg/ha) ou 3-30-20 (400 kg/ha), sendo o saldo de N adicionado em cobertura. No caso de não ser obtida a fórmula mais apropriada, deve-se fazer o ajuste para o nutriente que estiver mais deficiente no solo. Em geral, fórmulas mais concentradas apresentam menor custo de embalagem e de transporte.

8.2.5 - Macronutrientes secundários e micronutrientes

Quando comprovada a necessidade, a aplicação desses nutrientes via solo pode ser feita por fertilizantes simples (sais ou quelatos), por misturas contendo dois ou mais elementos (silicatos ou fritas) ou por fórmulas NPK acrescidas de um ou mais nutrientes. Cabe enfatizar que a utilização de calcário e adubos fosfatados também repõe pequenas quantidades de micronutrientes (Tabela 8.5).

As principais fontes de macronutrientes secundários e de micronutrientes, com as respectivas garantias mínimas, são apresentadas na Tabela 8.6 e no Anexo 2.

Muitos trabalhos de pesquisa conduzidos nos Estados do RS e de SC indicam que as deficiências de nutrientes secundários e micronutrientes são pouco prováveis. A análise do solo para esses elementos indica o grau de sua disponibilidade para as plantas (Tabela 5.7). Em caso de dúvida, aconselha-se a aplicação deles em pequenas áreas, quantificando-se cuidadosamente as diferenças de rendimento que por acaso sejam observadas.

8.2.6 - Fertilizantes foliares

Nos trabalhos de pesquisa com adubos foliares, principalmente com macronutrientes e bioestimulantes, conduzidos até o momento por instituições de pesquisa dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, as culturas anuais, como trigo, soja,

Tabela 8.6. Teores mínimos que as principais fontes de micronutrientes e de macronutrientes secundários devem apresentar

Fertilizantes ⁽¹⁾	Elemento	Garantia mínima (%)	Observações
Micronutrientes			
Ácido bórico	B	17	
Bórax	B	11	
Sulfato de cobre	Cu	13	16 a 18% de S
Sulfato de ferro (II)	Fe	19	10 a 11% de S
Sulfato de manganês (II)	Mn	26	14 a 15% de S
Molibdato de amônio	Mo	54	5 a 7% de N
Molibdato de sódio	Mo	39	
Óxido de zinco	Zn	50	
Sulfato de zinco	Zn	20	11% de S
Macronutrientes			
Enxofre elementar	S	95	
Sulfato de cálcio (gesso)	Ca	16	13% de S
Cloreto de cálcio	Ca	24	
Sulfato de magnésio	Mg	9	12 a 14% de S
Kieserita	Mg	16	21 a 27% de S
Óxido de magnésio	Mg	55	

Fonte: Brasil (1983a,b).

⁽¹⁾ Para os silicatos contendo micronutrientes (fritas), os teores mínimos são: 1% de Cu; 2% de Mn; 2% de Fe; 3% de Zn; 0,1% de Mo; 0,1% de Co e 1% de B; os produtos devem conter no mínimo dois micronutrientes. Os quelatos devem apresentar os seguintes teores mínimos: 5% de Cu; 5% de Fe; 5% de Mn ou 7% de Zn; cada quelato deve conter apenas um micronutriente. As fórmulas NPK com micronutrientes devem conter os teores expressos pelas respectivas garantias.

milho, arroz, feijão, etc., não têm apresentado resposta em rendimento de grãos, não justificando a recomendação generalizada desses insumos. As quantidades totais de micronutrientes contidas nas culturas podem, em geral, ser supridas com uma única aplicação foliar, o que poderá prevenir ou corrigir alguma deficiência já detectada. Entretanto o mesmo não ocorre com os macronutrientes, absorvidos em maiores quantidades pelas plantas, portanto necessitam de várias aplicações para suprir as necessidades.

A adubação foliar poderá ser justificada nos seguintes casos: a) no suprimento de micronutrientes, nos casos de deficiência comprovada; b) em solos alcalinos, em que a disponibilidade de nutrientes, principalmente micronutrientes, não é adequada ao desenvolvimento das plantas; c) em pomares, pela maior eficiência de absorção

proporcionada pela grande área foliar por planta; e d) em hortas, devido à rapidez de resposta das plantas, facilidade de aplicação e pelo alto valor da produção.

No caso de adoção dessa prática, podem ser utilizados como fontes de micronutrientes e de macronutrientes secundários os produtos que constam da Tabela 8.6.

Exigências específicas de micronutrientes são apresentadas nas recomendações das culturas (Capítulos 10 a 14).

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Vários materiais orgânicos podem ser utilizados como fertilizante. Os esterco de animais, os resíduos de culturas e os adubos verdes constituem as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis.

O lodo de esgoto, o composto de lixo e alguns resíduos de agroindústrias podem ser empregados como fontes de nutrientes para as plantas, desde que sua aplicação no solo seja feita de acordo com as normas vigentes, visando a preservação da qualidade do solo e dos mananciais hídricos.

Devido à baixa concentração de nutrientes dos adubos orgânicos, é necessário aplicar volume maior do que fertilizantes minerais, para suprir a mesma quantidade de nutrientes. Parte dos nutrientes estão na forma orgânica, devendo ser mineralizados para se tornarem disponíveis às plantas.

Além do fornecimento de nutrientes, os resíduos orgânicos, dependendo da quantidade usada, podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água.

A melhoria da fertilidade do solo e o aumento da produtividade das culturas não são os únicos benefícios da reciclagem de nutrientes contidos em esterco, lodos e resíduos agroindustriais. O solo também pode ser considerado uma opção de descarte desses resíduos, conquanto sejam aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas e nos limites previstos na legislação. De outra parte, devido à composição microbiológica dos resíduos, é importante, por razões de controle sanitário dos alimentos, que os adubos orgânicos não tenham contato direto com as partes comestíveis das plantas, mormente aquelas de consumo *in natura*.

9.1 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES EM ADUBOS ORGÂNICOS

Na Tabela 9.1, são apresentados os teores médios de carbono orgânico, de macronutrientes e de matéria seca; na Tabela 9.2, os teores médios de cobre e zinco e de alguns metais pesados, em vários tipos de esterco e de outros resíduos orgânicos utilizados na adubação das culturas. A concentração de nutrientes é expressa no material seco em estufa a 65°C. Os materiais orgânicos, mesmo aparentemente secos, ainda contêm água.

Os adubos orgânicos devem, sempre que possível, ser analisados previamente; tanto a concentração de macro e micronutrientes como o teor de água podem variar

Tabela 9.1. Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca de alguns materiais orgânicos⁽¹⁾

Material orgânico	C-org.	N ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Matéria seca
----- % (m/m) -----							
Cama de frango (3-4 lotes) ⁽³⁾	30	3,2	3,5	2,5	4,0	0,8	75
Cama de frango (5-6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de frango (7-8 lotes)	25	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75
Cama de peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeira	30	1,6	4,9	1,9	14,4	0,9	72
Cama sobreposta de suínos	18	1,5	2,6	1,8	3,6	0,8	40
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	17	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Lodo de esgoto	30	3,2	3,7	0,5	3,2	1,2	5
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	10	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
----- kg/m ³ -----							
Esterco líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3
Esterco líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

⁽¹⁾ Concentração calculada com base em material seco em estufa a 65°C. m/m = relação massa/massa.

⁽²⁾ A fração de N na forma amoniacal (N-NH₃ e N-NH₄⁺) é, em média, de 25% na cama de frangos, 15% na cama de poedeiras, 30% no lodo de esgoto, 25% no esterco líquido de bovinos e 50% no esterco líquido de suínos.

⁽³⁾ Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

Tabela 9.2. Concentrações médias de micronutrientes e de metais pesados de alguns materiais orgânicos⁽¹⁾

Material orgânico	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	Ni
	----- mg/kg ⁽²⁾ -----					
Cama de frango (5-6 lotes) ⁽³⁾	2	3	-(⁴)	-	-	-
Esterco de bovinos	2	4	-	-	-	-
Esterco líquido de suínos	16	43	-	-	-	-
Cinza de casca de arroz	8	89	-	-	-	-
Cinza de madeira	44	65	45	1,7	10	29
Composto de lixo urbano	96	490	260	2	59	122
Lodo de curtume	23	118	1400	0,1	33	16
Vermicomposto	67	250	-	-	-	-

⁽¹⁾ Fonte: Laboratórios de Análises do CEFAF-EPAGRI e do Departamento de Solos-UFRGS.

⁽²⁾ Concentração expressa com base em material seco em estufa a 65°C.

⁽³⁾ Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

⁽⁴⁾ Sem informação.

muito, conforme a origem do material, a espécie animal, a alimentação utilizada, a proporção entre os dejetos (fezes + urina), o material utilizado para cama e o manejo desses materiais orgânicos. Alguns laboratórios da ROLAS realizam a análise de fertilizantes orgânicos (Anexo 5).

As estimativas de matéria seca e da concentração de NPK de esterco líquido são apresentadas na Tabela 9.3. Os valores desses parâmetros podem também ser estimados pela densidade do material. As correções da leitura em função da temperatura são dadas na Tabela 9.4.

9.2 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DOS NUTRIENTES

Os adubos orgânicos sólidos e líquidos apresentam concentrações e taxas de liberação de nutrientes no solo muito variáveis, as quais afetam a disponibilidade para as plantas.

Em geral, os esterco sólidos e os resíduos orgânicos com altos teores de fibras e lignina apresentam maior relação C/N e menores quantidades de nutrientes na forma mineral, sendo decompostos mais lentamente no solo e liberando menores quantidades de nutrientes para as plantas. Entretanto, favorecem o acúmulo de matéria orgânica no solo em relação aos esterco líquido que apresentam maior quantidade de

Tabela 9.3. Relação entre a densidade e os valores de matéria seca (MS) e teores de nutrientes de esterco líquido de bovinos e de suínos⁽¹⁾

Densidade ^(2,3)	Esterco líquido de bovinos				Esterco líquido de suínos			
	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%(m/v)	kg/m ³			%(m/v)	kg/m ³		
1000	0,00	0,06	0,05	0,06	0,00	0,37	0,00	0,38
1001	0,00	0,13	0,09	0,12	0,10	0,52	0,11	0,51
1002	0,11	0,20	0,12	0,19	0,15	0,68	0,22	0,63
1003	0,34	0,26	0,16	0,25	0,20	0,83	0,37	0,69
1004	0,58	0,33	0,20	0,32	0,27	0,98	0,52	0,75
1005	0,81	0,40	0,24	0,38	0,50	1,13	0,67	0,81
1006	1,05	0,47	0,28	0,45	0,72	1,29	0,83	0,88
1007	1,28	0,54	0,31	0,51	0,94	1,44	0,98	0,94
1008	1,52	0,61	0,35	0,58	1,17	1,60	1,14	1,00
1009	1,75	0,68	0,39	0,64	1,39	1,75	1,29	1,06
1010	1,99	0,74	0,43	0,71	1,63	1,91	1,45	1,13
1011	2,22	0,81	0,46	0,77	1,85	2,06	1,60	1,19
1012	2,46	0,88	0,50	0,83	2,09	2,21	1,75	1,25
1013	2,69	0,95	0,54	0,90	2,32	2,37	1,90	1,31
1014	2,93	1,02	0,58	0,96	2,54	2,52	2,06	1,38
1015	3,16	1,09	0,61	1,03	2,76	2,67	2,21	1,44
1016	3,40	1,16	0,65	1,09	3,00	2,83	2,37	1,50
1017	3,63	1,22	0,69	1,16	3,23	2,98	2,52	1,56
1018	3,87	1,29	0,73	1,22	3,46	3,13	2,68	1,63
1019	4,10	1,36	0,77	1,29	3,68	3,28	2,85	1,69
1020	4,34	1,43	0,80	1,36	3,91	3,44	2,99	1,75
1021	4,57	1,50	0,84	1,42	4,14	3,60	3,14	1,81
1022	4,81	1,57	0,88	1,48	4,37	3,75	3,29	1,88
1023	5,04	1,63	0,92	1,54	4,60	3,9	3,44	1,94
1024	5,28	1,70	0,95	1,61	4,82	4,06	3,60	2,00
1025	5,51	1,77	0,99	1,67	5,05	4,21	3,75	2,06
1026	5,75	1,84	1,03	1,74	5,28	4,36	3,91	2,13
1027	5,98	1,90	1,07	1,80	5,51	4,51	4,06	2,19
1028	6,29	1,98	1,10	1,87	5,74	4,67	4,22	2,25

continua

Tabela 9.3. Continuação

Densidade ^(2,3)	Esterco líquido de bovinos				Esterco líquido de suínos			
	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1029	6,45	2,05	1,14	1,93	5,96	4,82	4,37	2,31
1030	6,69	2,11	1,18	2,00	6,19	4,98	4,53	2,38
1031	6,92	2,18	1,22	2,06	6,41	5,13	4,68	2,44
1032	7,16	2,25	1,26	2,13	6,65	5,28	4,84	2,50
1033	7,39	2,32	1,29	2,19	6,87	5,43	4,99	2,56
1034	7,63	2,39	1,33	2,26	7,10	5,59	5,14	2,63
1035	7,86	2,46	1,37	2,32	7,32	5,74	5,29	2,69
1036	8,10	2,53	1,41	2,38	7,56	5,90	5,45	2,75
1037	8,33	2,59	1,44	2,45	7,78	6,05	5,60	2,81
1038	8,57	2,66	1,48	2,51	8,02	6,21	5,76	2,88
1039	8,80	2,73	1,52	2,58	8,24	6,36	5,91	2,94
1040	9,04	2,80	1,56	2,64	8,47	6,51	6,05	3,00
1041	9,27	2,87	1,59	2,71	8,69	6,66	6,20	3,06
1042	9,51	2,93	1,63	2,77	8,97	6,82	6,38	3,13
1043	9,74	3,00	1,67	2,84	9,18	6,97	6,53	3,19
1044	9,98	3,07	1,71	2,9	9,39	7,13	6,68	3,25
1045	10,21	3,14	1,74	2,97	9,61	7,28	6,83	3,32
1046	10,45	3,21	1,78	3,03	9,84	7,43	6,93	3,38
1047	10,68	3,28	1,82	3,09	10,06	7,58	7,12	3,44
1048	10,92	3,35	1,86	3,16	10,30	7,74	7,27	3,50
1049	11,15	3,42	1,90	3,22	10,52	7,89	7,42	3,56
1050	11,39	3,48	1,93	3,29	10,75	8,05	7,58	3,63

⁽¹⁾ Fontes: Barcellos (1992) e Scherer et al. (1995a,b).

⁽²⁾ Densímetro INCOTERM com valores entre 1000 a 1100 kg/m³.

⁽³⁾ Para fazer a leitura dos valores de densidade deve-se: a) homogeneizar completamente a biomassa na esterqueira com um agitador manual; b) coletar o material em 4 a 5 locais diferentes da superfície do líquido, colocando-o num recipiente com volume mínimo de 1.000 mL; c) homogeneizar a amostra com um bastão e posteriormente transferi-la para uma proveta de 500 mL, fazendo a leitura da densidade o mais rápido possível para evitar a sedimentação; d) corrigir o valor da densidade do esterco conforme a temperatura da biomassa no interior da proveta; e) se a consistência da biomassa não permitir a leitura da densidade, diluir a metade do resíduo orgânico da proveta com igual volume de água e ler novamente a densidade. Utilizar a seguinte fórmula para o cálculo da densidade corrigida: $D = 1000 + [2 \times (\text{densidade} - 1.000)]$, onde a densidade é a leitura obtida do material já diluído na proveta.

Tabela 9.4. Correção dos valores de densidade em função da temperatura de esterco líquido

Temperatura (°C)	Densidade
15,5 a 18,5	Diminuir 1 na escala
18,6 a 21,5	Não corrigir
21,6 a 24,5	Aumentar 1 na escala
24,6 a 27,0	Aumentar 2 na escala
27,1 a 29,5	Aumentar 3 na escala
29,6 a 32,0	Aumentar 4 na escala

nutrientes minerais prontamente disponíveis às plantas, considerando-se iguais adições de matéria seca.

Os índices de eficiência apresentados na Tabela 9.5 indicam a proporção da quantidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos sólidos e líquidos, disponibilizada nos dois primeiros cultivos após a aplicação. A fração mineral do esterco e os elementos mineralizados no solo têm o mesmo efeito que os nutrientes contidos em fertilizantes minerais solúveis. Portanto, estão sujeitos às mesmas reações químicas dos íons já presentes no solo, tais como insolubilização de fósforo, lixiviação de nitrato, volatilização de amônia, nitrificação, imobilização microbiana, etc.

Os índices de eficiência dos nutrientes (Tabela 9.5) mostram que os esterco de animais alimentados com rações concentradas apresentam maior disponibilidade inicial de nutrientes para as plantas do que os esterco de animais alimentados com volumosos e criados a pasto, ou com a presença de grandes quantidades de cama.

O potássio de adubos orgânicos torna-se inteiramente disponível no primeiro cultivo, por não fazer parte de nenhum composto orgânico que necessite de mineralização microbiana.

9.3 - CÁLCULO DAS QUANTIDADES DE NUTRIENTES A APLICAR

Para os materiais listados na Tabela 9.1, à exceção dos esterco líquidos, as quantidades disponíveis (QD) de N, de P₂O₅ e de K₂O, em kg/ha, podem ser calculadas pela fórmula:

$$QD = A \times B/100 \times C/100 \times D$$

em que: **A** é a quantidade do material aplicado, em kg/ha; **B** é a porcentagem de matéria seca do material; **C** é a porcentagem do nutriente na matéria seca; e, **D** é o índice de eficiência de cada nutriente, indicado na Tabela 9.5, aplicável conforme o cultivo (1º e 2º). Os valores das concentrações de nutrientes apresentados na Tabela 9.1, são indicados como referência, caso não se disponha da análise do material.

Para os esterco líquidos, as quantidades disponíveis (QD) de N, P₂O₅ e K₂O podem ser calculadas pela equação:

$$QD = A \times B \times D$$

em que: **A** é a quantidade do material aplicado, em m³/ha; **B** é a concentração do nutriente no produto, em kg/m³; e, **D** é o índice de eficiência de cada nutriente indicado na Tabela 9.5, aplicável conforme o cultivo (1º ou 2º).

Tabela 9.5. Índices de eficiência dos nutrientes no solo de diferentes tipos de esterco e resíduos orgânicos em cultivos sucessivos (valores médios para cada fonte)

Resíduo	Nutriente ⁽¹⁾	Índice de eficiência ⁽²⁾	
		1º cultivo	2º cultivo
Cama de frango	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco suíno sólido	N	0,6	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco bovino sólido	N	0,3	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco suíno líquido	N	0,8	-
	P	0,9	0,1
	K	1,0	-
Esterco bovino líquido	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Outros resíduos orgânicos	N	0,5	0,2
	P	0,7	0,2
	K	1,0	-
Lodo de esgoto e composto de lixo	N	0,2	-

⁽¹⁾ Nutrientes totais (mineral + orgânico).

⁽²⁾ Valores médios determinados em vários trabalhos de pesquisa; em alguns casos é observado um efeito residual de N (10%) no terceiro cultivo.

9.4 - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL

O uso conjunto de resíduos orgânicos e fertilizantes minerais permite otimizar a produção. Para obter altos rendimentos das culturas com a utilização racional de adubos orgânicos, geralmente é necessário complementar a adubação orgânica com fertilizantes minerais, pois a proporção dos nutrientes nos resíduos orgânicos muitas vezes é diferente da demanda das plantas ou da necessidade de adubação de correção do solo.

O uso conjunto de fertilizantes orgânicos e minerais requer o estabelecimento de um programa de adubação para otimizar a contribuição dos dois tipos de produtos no cálculo das doses indicadas para as culturas do sistema. Nesse caso, deverão ser consideradas as necessidades dos cultivos e as características referentes à adubação orgânica.

Como exemplo, considerando-se a recomendação de adubação apresentada na Tabela 9.6, consistindo das culturas de trigo (1º cultivo) e de milho (2º cultivo), a programação de adubação pode ser a seguinte:

a) supondo o uso de cama de frango (5 - 6 lotes), as quantidades de nutrientes podem ser calculadas pelos teores de N, de P₂O₅ e de K₂O apresentados na Tabela 9.1;

Tabela 9.6. Recomendações de adubação e quantidades de nutrientes supridos pela adubação orgânica (cama de frangos de 5 - 6 lotes) e complementações com fertilizantes minerais para uma seqüência de dois cultivos⁽¹⁾

Cultura ⁽²⁾	Cama de frango	Recomendação			Nutrientes supridos pela adubação					
					Orgânica ⁽³⁾			Mineral		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	t/ha	----- kg/ha -----								
Trigo (1º cultivo)	2,7	60	70	60	35	62	60	25	8	0
Milho (2º cultivo)	2,2	90	65	50	14+29	15+50	50	47	0	0

⁽¹⁾ Para solos com teor de MO, P e K "Baixo"; trigo cultivado após leguminosa com expectativa de rendimento de 2 t/ha; expectativa de rendimento do milho = 4 t/ha (ver tabelas de recomendação dessas culturas nas p. 140 e 150).

⁽²⁾ No plantio direto é recomendado iniciar a adubação corretiva gradual (sistema de 2 cultivos) na cultura de menor espaçamento (no exemplo acima, o trigo), principalmente quando os teores de P e de K do solo forem muito baixos.

⁽³⁾ Considerando os teores de nutrientes e de matéria seca da Tabela 9.1 e os índices de eficiência da Tabela 9.5.

b) para calcular a quantidade de adubo orgânico necessário para o suprimento de nutrientes para as culturas de trigo e de milho, pode-se fixar, por exemplo, a recomendação de potássio, a ser totalmente suprido pela cama de frango. O cálculo da quantidade de adubo que deverá ser utilizado para os dois cultivos será:

Primeiro cultivo (trigo):

$$\text{K}_2\text{O necessário} = A \times B/100 \times C/100 \times D$$

$$60 \text{ kg de K}_2\text{O/ha} = A \times 75/100 \times 3,0/100 \times 1,0$$

$$A = 2,7 \text{ t/ha de cama de frangos.}$$

Essa quantidade de adubo orgânico fornece no primeiro cultivo 35 kg de N e 62 kg de P_2O_5 e, ainda, 14 kg de N e 15 kg de P_2O_5 no segundo cultivo (milho).

Segundo cultivo (milho):

$$50 \text{ kg de K}_2\text{O/ha} = A \times 75/100 \times 3,0/100 \times 1,0$$

$$A = 2,2 \text{ t/ha de cama de frango.}$$

Essa quantidade de cama de frango fornece 29 kg de N e 50 kg de P_2O_5 e 50 kg de K_2O para o milho e mais 12 kg de N e 13 kg de P_2O_5 como efeito residual para a próxima cultura; e,

d) desta forma, obtêm-se os valores totais de 35 kg de N, 62 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O , no primeiro cultivo; 43 kg de N, 65 kg de P_2O_5 e 50 kg de K_2O no segundo cultivo; integralmente supridos pela adubação orgânica;

e) a adubação nitrogenada nas culturas de trigo e de milho pode ser completada pela aplicação de N em cobertura (25 kg/ha para o trigo e 47 kg/ha para o milho). Deve-se completar também a adubação fosfatada na cultura do trigo (8 kg de P_2O_5 /ha).

Outros resíduos orgânicos e compostos feitos com os mais diferentes materiais também podem ser utilizados na adubação. O cálculo das quantidades a aplicar apresenta duas dificuldades:

a) a composição química dos materiais é muito variável; o vermicomposto, por exemplo, pode apresentar um teor de N variável entre 0,6 e 2,5% (Departamento de Solos, UFRGS); a análise prévia do material neste caso é necessária; e,

b) o índice de eficiência de liberação dos nutrientes no solo pode ser muito diferente daquele especificado na Tabela 9.5

9.5 - FERTILIZANTES ORGANO-MINERAIS

Os fertilizantes organo-minerais são produzidos industrialmente pela mistura de fertilizantes orgânicos (esterços, turfa, lignito oxidado, lodo de esgoto etc.) e fertilizantes minerais. Pela legislação (Brasil, 1983a,b), os adubos organo-minerais poderão conter, no máximo, 20% de umidade. O teor mínimo da soma $N + P_2O_5 + K_2O$ deve ser 12%, e a matéria orgânica, 25 % (Anexo 2).

As informações de pesquisa sobre a eficiência agrônômica dos fertilizantes organo-minerais indicam que o cálculo da dose a ser aplicada deve ser feito com base nos teores de N, de P_2O_5 e de K_2O , determinados pelos métodos de análise estabelecidos na legislação. A escolha deste tipo de fertilizante deve ser baseada no custo das unidades de N, de P_2O_5 e de K_2O .

9.6 - MANEJO DOS ADUBOS ORGÂNICOS

Os materiais orgânicos devem ser aplicados ao solo imediatamente antes da semeadura ou plantio, para possibilitar melhor aproveitamento dos nutrientes, minimizando as perdas por escoamento superficial (em áreas sem revolvimento de solo) e por lixiviação de nitrato. Para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia, os esterços devem ser aplicados em dias com temperatura baixa ou antes de uma chuva ou irrigação. A maior perda de amônia ocorre durante o transporte e a aplicação do produto.

Em qualquer sistema de cultivo, as necessidades nutricionais de uma determinada cultura dificilmente serão supridas de forma equilibrada com o uso exclusivo de materiais orgânicos, pois as concentrações de N, de P_2O_5 e de K_2O nesses materiais diferem, na maioria das vezes, das relações requeridas pelas plantas. Para melhorar o aproveitamento dos adubos orgânicos, recomenda-se ajustar a adubação pelo nutriente cuja quantidade seja suprida com a menor dose de adubo orgânico. Para os outros nutrientes, calcula-se a contribuição referente à quantidade de adubo orgânico aplicado e suplementa-se o restante com fertilizantes minerais, conforme indicado no item 9.4.

Como a maioria dos adubos orgânicos com alta relação C/N não supre as quantidades adequadas de N para o crescimento e a produção econômica de muitas culturas, normalmente há necessidade de utilizar fertilizantes nitrogenados minerais para complementar a necessidade das plantas.

Não se recomenda a utilização de resíduos orgânicos com alto teor de N na adubação de leguminosas que apresentam boa capacidade de fixar este nutriente simbioticamente. Em um sistema de rotação de culturas, deve-se aplicar o adubo orgânico

no cultivo de cereais e cultivar a leguminosa em sucessão, para aproveitamento do efeito residual.

O material orgânico sólido deve ser armazenado preferencialmente com baixo teor de umidade e em locais cobertos, para evitar perdas de amônia por volatilização, e de nitrato e de potássio, por eluição. Deve-se evitar a entrada da água de chuva nas esterqueiras e o excesso de água de lavagem dos estábulos, para não diluir excessivamente o material; o teor de matéria seca deve ser mantido entre 6% e 7% para o esterco líquido de suínos e entre 7% e 8% para o esterco líquido de bovinos.

A utilização continuada de adubos orgânicos pode melhorar as propriedades físicas do solo (porosidade, capacidade de retenção de água) e aumentar alguns atributos químicos (CTC, teor de P e de matéria orgânica, etc). Porém o uso excessivo de adubos orgânicos proporcionará os mesmos problemas que os decorrentes do uso excessivo de fertilizantes minerais, principalmente aqueles devidos à lixiviação de nitrato e o transporte de P para cursos d'água. Além disso, muitos adubos orgânicos, especialmente os derivados de animais alimentados com ração, apresentam teor elevado de alguns micronutrientes (Fe, Zn, Cu), que são acrescentados à ração na forma de sais. Por outro lado, os adubos derivados de lodo de esgoto ou de resíduos industriais podem apresentar metais pesados indesejáveis na cadeia alimentar (Tabela 9.2). Ainda é importante lembrar que os resíduos orgânicos incompletamente compostados podem ser fonte de organismos patogênicos (fungos, bactérias, vírus, helmintos).

9.7 - RESÍDUOS ORGÂNICOS E QUALIDADE AMBIENTAL

Nas proximidades de grandes cidades ou em criações de animais confinados, são disponibilizadas grandes quantidades de resíduos, como lodo de esgoto, composto de lixo, dejetos de suínos e outros. Todos esses produtos apresentam valor fertilizante. Entretanto o transporte para áreas distantes é oneroso e, em consequência, muitas vezes são aplicadas quantidades excessivas ao solo das proximidades dos pontos de geração desses resíduos, podendo causar prejuízos ambientais. Os principais impactos ambientais negativos desta prática são:

- a) acúmulo de nitrato em águas superficiais e/ou subterrâneas;
- b) aumento do teor de fósforo em águas superficiais, devido ao escoamento de material orgânico solúvel ou particulado, causado por enxurrada ou descarga direta nos cursos d'água, provocando eutrofização;
- c) aumento da carga orgânica e da demanda biológica de oxigênio (DBO) nos corpos d'água, com prejuízo para a fauna aquática;
- d) aumento excessivo do pH do solo, devido à aplicação de resíduo alcalino; e,

e) acúmulo de metais pesados no solo, tornando-o impróprio à produção de alimentos para consumo humano.

Com referência ao último item, as legislações de diversos países estabelecem limites máximos de aplicação de vários metais no solo, conforme consta na Tabela 9.7. No Estado do RS, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) estabeleceu limites para a adição de metais no solo. Os limites de aplicação podem ser monitorados pelo somatório das quantidades adicionadas, com base na análise do material ou do solo.

Para evitar a poluição ambiental, que pode ocorrer com a aplicação de grandes quantidades de resíduos, deve-se:

a) não aplicar os resíduos em áreas próximas a cursos d'água (permanentes ou vias de drenagem intermitente);

b) aplicar os resíduos subsuperficialmente, deixando, de preferência, a superfície do solo irregular; outras práticas de controle à erosão são também essenciais (terraceamento, cordões vegetados, etc.);

c) não aplicar quantidades que liberem 20% a mais do que o nitrogênio recomendado para a cultura, conforme cálculo exemplificado no item 9.4; a dificuldade neste caso, é a estimativa da taxa de decomposição;

Tabela 9.7. Quantidades de metais que podem ser aplicados no solo, conforme a legislação de diversos países e do Estado do RS

Metal	USA ⁽¹⁾		CEE ⁽²⁾	RS ⁽³⁾
	Total	Taxa anual	Total	Total
	----- kg/ha -----			
Cu	1500	75	120	280
Zn	2800	140	300	560
Cr	-	-	-	1000
Ni	420	21	30	70
Pb	300	15	150	1000
Cd	39	1,9	1,5	5
Hg	17	0,8	2,0	2

⁽¹⁾ USEPA (1996).

⁽²⁾ Comunidade Econômica Européia (CEE, 1986).

⁽³⁾ Rodrigues et al. (1993).

d) não aplicar quantidades que, cumulativamente, possam ultrapassar os limites de metais estabelecidos pela legislação; e,

e) manter a vegetação ripária.

A utilização de resíduos industriais em áreas florestadas é uma alternativa de descarte, tendo em vista o não aproveitamento dos produtos florestais na alimentação. O uso de resíduos em solos arenosos deve ser feito com cuidados adicionais, pois a fração biodisponível dos metais às plantas e aos microorganismos pode ser maior do que em solos argilosos. No caso de aplicação de resíduos orgânicos em áreas de pastagem natural, devem ser introduzidas espécies forrageiras de maior potencial de produção de massa e aplicadas doses menores no período de inverno.

9.8 - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E AGRICULTURA ORGÂNICA

Considerando o interesse atual em agricultura orgânica, é importante esclarecer alguns aspectos.

A adubação orgânica é a aplicação ao solo de materiais orgânicos, constituídos por resíduos (vegetais, animais, urbanos e industriais) e por adubos verdes. Já a agricultura orgânica é um método de produção, tal como a agricultura convencional. A agricultura orgânica, às vezes, é considerada como uma tecnologia de processos e não de uso de insumos, porém ambos os métodos de produção necessitam de insumos externos à propriedade. Nas normas da agricultura orgânica não é permitido o uso de fertilizantes minerais industrializados (solúveis) e da maioria dos defensivos agrícolas modernos. Tanto a agricultura orgânica como a convencional propõem um desenvolvimento agrícola sustentável, visando manter a capacidade produtiva do solo a longo prazo e a preservação dos recursos naturais. Geralmente apregoa-se que os alimentos produzidos organicamente são mais naturais, mais saudáveis ou mais nutritivos que os produzidos convencionalmente, no entanto os trabalhos de pesquisa no assunto ainda não comprovaram tal fato.

No meio científico também há dúvidas quanto à viabilidade técnica e econômica da agricultura orgânica a longo prazo e aos possíveis efeitos do uso exclusivo de adubos orgânicos. A agricultura orgânica ocupa cerca de 17 milhões de hectares no mundo (Boletim Pecuário, 2002). Pelas limitações de adoção de algumas tecnologias, os rendimentos tendem a ser menores. Na mesma escala de produção, a agricultura orgânica demanda mais mão-de-obra, e os custos de produção são maiores que na agricultura convencional. A comercialização diferenciada desses produtos, com selo de "produto orgânico", deve ser feita conforme as normas (Brasil, 1999).

GRÃOS

A produção de grãos constitui grande parte da economia agrícola nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Geralmente as propriedades agrícolas são especializadas na produção dessas espécies ou, então, associam as mesmas com a produção de forragem e criação de animais.

A alternância de culturas é uma prática indispensável para o manejo adequado da propriedade, bem como para reduzir a incidência de doenças e de pragas.

Todas as culturas do grupo das espécies graníferas são adequadas ao sistema plantio direto, que apresenta vantagens em relação ao sistema convencional. Em termos de manejo do solo, a viabilidade do sistema plantio direto depende do cultivo permanente do solo, com produção de elevadas quantidades de palha, reduzindo, dessa forma, a erosão hídrica e propiciando condições físicas adequadas ao solo.

Calagem

Considerando a amplitude de características que as culturas de grãos apresentam, seu desenvolvimento em geral é máximo quando o pH do solo está entre 5,5 e 6,0. Nessa condição, a solubilidade do Al e do Mn é baixa, e estes não causam fitotoxicidade. Na implantação do sistema plantio direto, recomenda-se aplicar calcário para o solo atingir pH 6,0, incorporando-o na camada de zero a 20 cm de profundidade, principalmente quando culturas de leguminosas forem introduzidas na rotação. Após o estabelecimento do sistema plantio direto, o calcário não necessita ser incorporado, sendo suficiente a sua aplicação na superfície do solo.

A calagem é recomendada no sistema plantio direto quando o pH em água for menor que 5,5 ou a saturação por bases for menor que 65% (Tabela 6.3). Quando somente um desses critérios for atendido, não se recomenda aplicar calcário se a porcentagem da saturação da CTC_{efetiva} por alumínio for menor do que 10% e a faixa de teor de P igual a "Muito alto". Essa recomendação aplica-se também para lavouras em

que o sistema plantio direto é implantado a partir de campo natural com baixo teor de alumínio na camada sub-superficial (10 a 20 cm de profundidade com índice SMP > 5,3). Nessas condições, a reamostragem do solo é recomendada a cada três anos, visando o monitoramento da acidez do solo.

Para determinar a necessidade de recalagem em área sob sistema plantio direto, o solo deve ser amostrado na camada de zero a 10 cm de profundidade, aplicando-se metade da dose indicada pelo método SMP para o solo atingir pH 5,5, uma vez que o objetivo é corrigir a camada de zero a 10 cm, pela aplicação superficial de calcário (Tabela 6.3). Para evitar o excessivo aumento do pH na camada superficial do solo, sugere-se aplicar no máximo 5 t/ha.

No caso de se optar pela aplicação de calcário na linha de semeadura, sugere-se observar as recomendações específicas para esta prática (item 6.8.3, p. 70).

Os procedimentos de amostragem de solo nos diferentes sistemas de cultivo constam no Capítulo 3.

Adubação

As quantidades de fertilizantes contendo P e K a aplicar variam em função dos teores desses nutrientes no solo. A interpretação agronômica das diversas faixas de teores de P e de K no solo é apresentada no Capítulo 5 (p. 51 e 52). O limite inferior da faixa de teor "Alto" é considerado o teor crítico de P e de K no solo, cujo nível deve ser mantido pela aplicação de quantidade adequada de fertilizante. A partir do limite superior do teor "Alto" a probabilidade de resposta à aplicação de fertilizantes é muito pequena ou nula.

O sistema de recomendação de adubação para P e K oferece duas alternativas de correção da deficiência desses nutrientes para as culturas de grãos: a) adubação corretiva gradual e b) adubação corretiva total.

A primeira opção é indicada quando há menor disponibilidade de recursos financeiros, sendo a quantidade total de P ou de K aplicada ao solo no decurso de dois cultivos. A segunda opção (adubação corretiva total) é indicada quando há disponibilidade de recursos financeiros para investimento. Em ambos os casos a meta é elevar os teores de P e de K no solo ao nível adequado para o desenvolvimento das plantas. No caso de solos arenosos (< 20 % de argila) ou com CTC < 5 cmol_c/dm³ não se recomenda a adubação corretiva total de potássio.

As doses de P_2O_5 e de K_2O para as culturas de grãos são indicadas em função de dois parâmetros básicos:

- a) a quantidade necessária para o solo atingir o limite inferior da faixa de teor "Alto" em dois cultivos (adubação corretiva); e,
- b) a exportação desses nutrientes pelos grãos acrescida da estimativa de perdas diversas do sistema (adubação de manutenção).

Nas faixas "Muito baixo", "Baixo" e "Médio", a diferença entre a quantidade indicada em cada cultivo e a manutenção é a adubação de correção, ou seja, é a quantidade necessária para elevar o teor do nutriente no solo ao teor crítico. Quando a correção total do sistema é feita no 1º cultivo, a dose a aplicar deve ser a soma das quantidades dos dois cultivos menos a reposição do 2º cultivo. Assim, exemplificando com a cultura da soja (p. 146) e para o rendimento referência de 2 t/ha e teor "Baixo" de P, a dose a aplicar, será: $70 + 50 - 30 = 90$ kg P_2O_5 /ha, correspondendo a 60 kg de adubação corretiva e 30 kg de manutenção. Se a cultura de trigo for o 2º cultivo e a expectativa de rendimento for 2 t/ha, aplicar-se-á somente a manutenção de 30 kg/ha para esta cultura (p. 78 e 151), pois o teor de P do solo, provavelmente já estará próximo do teor crítico. Com base nesses critérios, tem-se uma adubação que permite aumentar e manter os teores no solo, obtendo-se, assim, produções elevadas e retorno econômico.

As doses indicadas nas tabelas são para um rendimento mínimo, denominado rendimento referência (Tabela 7.2, p. 78). Para rendimentos maiores devem ser acrescentadas, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos, as quantidades de P_2O_5 e K_2O especificadas nas notas de rodapé das tabelas das respectivas culturas.

Para os teores de P e de K interpretados como "Alto" e "Muito alto", as doses de P_2O_5 e de K_2O indicadas para essas faixas nas tabelas são a adubação de manutenção ou reposição.

Em algumas situações em que os teores de P e de K estão nas faixas de teor "Baixo" ou "Muito baixo" e a expectativa de rendimento é elevada, as quantidades desses nutrientes também serão altas. Para evitar a concentração excessiva de nutrientes junto à semente e possível efeito salino do fertilizante potássico, é recomendado aplicar parte do fertilizante a lanço antes da semeadura.

Decorridos dois cultivos após a aplicação das quantidades indicadas, recomenda-se reamostrar e analisar o solo para verificar se os teores de P e de K atingiram os valores desejados e, então, planejar as adubações para as culturas subseqüentes.

As doses indicadas pressupõem que os outros fatores de produção estejam em níveis adequados. Dessa forma, em alguns casos, haverá necessidade de alterar as

doses de fertilizantes, de acordo com as situações específicas de solo, clima, época de semeadura, potencial de produção, recursos financeiros disponíveis, etc.

Para permitir o ajuste das doses em relação às fórmulas de fertilizantes existentes no mercado, as quantidades de P_2O_5 e de K_2O recomendadas nas tabelas podem variar em ± 10 kg/ha, sobretudo nas doses mais elevadas.

Por serem as quantidades de P_2O_5 e de K_2O maiores no 1º cultivo para as faixas de teores de nutrientes "Muito baixo", "Baixo" e "Médio", sugere-se que o sistema de adubação seja iniciado com as culturas de menor espaçamento entre linhas (ex.: cereais de inverno), aplicando os fertilizantes na linha, especialmente para as faixas de teores "Muito baixo" e "Baixo".

Pelos critérios apresentados, o sistema é coerente quanto à adubação para elevar os teores do solo ao nível desejado, independentemente da seqüência utilizada de culturas, pois sempre será adicionada a quantidade que a cultura necessita mais as perdas e uma quantidade referente à correção do solo com efeito residual ("sobra") para a cultura seguinte. O conceito de produtividade variável introduzido a partir dessa edição do Manual permite ajustar a adubação para qualquer expectativa de rendimento e uso de tecnologia.

O valor zero indicado nas tabelas para a faixa de teor "Muito alto" no primeiro cultivo significa que é remota a possibilidade das plantas responderem a qualquer quantidade de adubo. No entanto, algumas culturas necessitam de uma pequena quantidade na linha de semeadura para permitir um bom desenvolvimento inicial das plantas. A decisão de não adubar deve levar em conta os outros fatores de produção e o custo da adubação.

Quantidades de nutrientes retiradas pelas culturas

Na Tabela 10.1 são apresentadas as quantidades médias de N, P_2O_5 e K_2O retiradas pelos grãos de algumas culturas. Em geral, a reposição de nutrientes (P e K) com base nas quantidades retiradas é recomendada somente quando a faixa de teor do nutriente for "Muito alto", podendo variar de zero à quantidade efetivamente exportada pelos grãos.

A aplicação de P e de K pode ser dispensada em culturas destinadas somente à cobertura do solo. Caso sejam adubadas essas culturas, as quantidades adicionadas podem ser descontadas da adubação da cultura seguinte. Já a aplicação de N, em geral, é conveniente em gramíneas de inverno usadas para cobertura do solo quando sucedem gramíneas de verão.

Tabela 10.1. Teores médios de N, P (P_2O_5) e K (K_2O) nos grãos de algumas culturas

Culturas	N	P_2O_5	K_2O
	----- kg/t -----		
Amendoim	50	11	14
Arroz	14	5	3
Aveia branca	20	7	5
Aveia preta	20	7	5
Canola	20	15	12
Centeio	20	9	5
Cevada	20	10	6
Ervilha seca e ervilha forrageira	36	9	12
Ervilhaca	35	15	19
Feijão	50	10	15
Girassol	25	14	6
Linho	30	14	9
Milho	16	8	6
Milho pipoca	17	8	6
Nabo forrageiro	20	11	18
Painço	21	8	4
Soja	60	14	20
Sorgo	15	8	4
Tremoço	30	12	15
Trigo	22	10	6
Triticale	22	8	6

10.1 - AMENDOIM

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar.

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do amendoim não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estirpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	120	80
Baixo	70	50	80	60
Médio	60	30	70	40
Alto	30	30	40	40
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 40

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.2 - ARROZ DE SEQUEIRO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	50
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤10

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento, aproximadamente aos 40 dias após a emergência. A adubação nitrogenada em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida, dependendo das condições climáticas.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	100	60	100	60
Baixo	60	40	60	40
Médio	50	20	50	20
Alto	20	20	20	20
Muito alto	0	≤ 20	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.3 - ARROZ IRRIGADO

Calagem

Nos sistemas de semeadura em solo seco (convencional, cultivo mínimo e plantio direto), adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 5,5 (Tabela 6.2). No caso do sistema de cultivo com sementes pré-germinadas ou com transplante de mudas, a calagem não é indicada como corretivo da acidez do solo. Porém, se os teores de Ca ou de Mg trocáveis forem menores ou iguais a $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ou $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente, recomenda-se aplicar $1,0 \text{ t/ha}$ de calcário dolomítico (Tabela 6.3). Em alguns solos orgânicos, o calcário pode ser recomendado como corretivo da acidez, mesmo em sistema pré-germinado.

A calagem também pode minimizar os efeitos prejudiciais da toxidez por ferro, que freqüentemente ocorre nos cultivares denominados "modernos" (p. 63).

Devido à crescente utilização de cultivos de sequeiro e de pastagem cultivada em rotação com o arroz irrigado por inundação, sugere-se corrigir a acidez do solo considerando-se a cultura mais suscetível à acidez.

Adubação

As recomendações de adubação para o arroz irrigado são apresentadas para diferentes faixas de rendimento, com base nos teores de matéria orgânica (nitrogênio), P e K. Para o sistema de semeadura em solo seco, as faixas de rendimento são: $< 6,0$; $6,0$ a $9,0$ e $> 9,0 \text{ t/ha}$, e para o sistema pré-germinado: $6,0$ a $9,0$ e $> 9,0 \text{ t/ha}$.

No estabelecimento da expectativa de rendimento, devem ser considerados todos os fatores que afetam a produção do arroz irrigado. A aplicação da dose de nutriente indicada não necessariamente assegura a obtenção do rendimento esperado. De modo geral, podem ser estabelecidas as seguintes situações:

Rendimento $< 6 \text{ t/ha}$: quando o arroz for cultivado com limitações em vários fatores que afetam a produção.

Rendimento de 6 a 9 t/ha : quando o arroz for cultivado com limitações em algum(ns) dos fatores que afetam a produção.

Rendimento $> 9 \text{ t/ha}$: quando o arroz for cultivado em condições favoráveis de clima, especialmente alta radiação solar no período reprodutivo; uso de variedades com alto potencial produtivo; época e densidade de semeadura adequadas para a região; manejo adequado da irrigação, com relação à época e ao controle da lâmina de água; controle adequado de plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho, e controle fitossanitário da lavoura.

Nitrogênio

Sistemas de semeadura em solo seco

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio		
	Expectativa de rendimento (t/ha)		
	< 6	6 a 9	> 9
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	60	90	120
2,6 - 5,0	50	80	110
> 5,0	≤ 40	≤ 70	≤ 110

Sistema pré-germinado

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Expectativa de rendimento (t/ha)	
	6 a 9	> 9
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	90	120
2,6 - 5,0	70 - 90	90 - 120
> 5,0	≤ 70	≤ 90

As doses de nitrogênio indicadas nas tabelas podem ser alteradas, dependendo do histórico da lavoura, das respostas ao nitrogênio, dos cultivos antecedentes (leguminosas, gramíneas), da incidência de doenças, especialmente a brusone, cujo desenvolvimento é favorecido pelo excesso de nitrogênio, do desenvolvimento vegetativo da lavoura e das condições climáticas (temperatura e luminosidade). Para os sistemas de semeadura em solo seco, a redução pode ser em até 30%; para o sistema pré-germinado, a redução deverá se feita somente se houver restrição ao desenvolvimento da cultura devido aos fatores acima relacionados.

Sob sistemas de semeadura em solo seco, recomenda-se aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, dependendo do teor de matéria orgânica do solo, do tipo de cultivar e da expectativa de rendimento. Eventualmente, ao ser constatado um desenvolvimento vegetativo exuberante, deve-se reduzir ou até suspender aplicações adicionais de nitrogênio, especialmente para cultivares de porte médio e alto, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica, devido aos riscos de acamamento. Quando a dose a aplicar em cobertura for menor do que 50 kg de N/ha, pode-se aplicar em uma única vez no início da diferenciação da panícula. Para os demais casos, é mais eficiente aplicar 50 a 60% da dose de cobertura no início do

perfilhamento ou emissão da quarta folha e o restante no início da diferenciação da panícula ("ponto de algodão").

Para o sistema pré-germinado, a adubação com N na base não é recomendada devido à possibilidade de perda de N por desnitrificação e pela drenagem do solo após a semeadura. Para os cultivares de ciclo curto (até 120 dias) e médio (até 135 dias) recomenda-se aplicar 50% a 60% do N no início do perfilhamento e o restante no início da diferenciação da panícula. Para os cultivares de ciclo longo (mais de 135 dias), a cobertura pode ser fracionada em 3 aplicações: 1/3 no início do perfilhamento, 1/3 no perfilhamento pleno e, se necessário, 1/3 na diferenciação da panícula.

A adubação de cobertura deve ser feita a lanço até, no máximo, três dias antes da entrada de água (semeadura em solo seco) ou sobre uma lâmina de água não circulante (sistema pré-germinado), interrompendo-se, neste caso, as entradas e as saídas de água do quadro por um período de 3 a 5 dias. A uréia e o sulfato de amônio são indicados para a adubação de cobertura. Doses elevadas de sulfato de amônio, em altas temperaturas, podem causar prejuízos pela formação de gás sulfídrico. Não são recomendados adubos nítricos para a cultura do arroz.

Fósforo

Sistema de semeadura em solo seco

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo		
	Expectativa de rendimento (t/ha)		
	< 6	6 a 9	> 9
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----		
Baixo	60	75	90
Médio	40	55	70
Alto	20	35	50
Muito alto	≤ 20	≤ 35	≤ 50

Sistema pré-germinado

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo	
	Expectativa de rendimento (t/ha)	
	6 a 9	> 9
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----	
Baixo	60	70
Médio	40	50
Alto	20	30
Muito alto	≤ 20	≤ 30

Doses menores de fósforo são recomendadas para o sistema pré-germinado, devido à maior disponibilidade causada pela inundação do solo que ocorre a partir do preparo e formação da lama antes da semeadura. Caso sejam utilizados fosfatos naturais reativos, deve-se aplicar doses de 20 a 30% maiores do que as indicadas nas tabelas.

Potássio**Sistema de semeadura em solo seco**

Interpretação do teor de K no solo	Potássio		
	Expectativa de rendimento (t/ha)		
	< 6	6 a 9	> 9
	----- kg de K ₂ O/ha -----		
Baixo	60	70	80
Médio	40	50	60
Alto	20	30	40
Muito alto	≤ 20	≤ 30	≤ 40

Sistema pré-germinado

Interpretação do teor de K no solo	Potássio	
	Expectativa de rendimento (t/ha)	
	6 a 9	> 9
	----- kg de K ₂ O/ha -----	
Baixo	80	90
Médio	60	70
Alto	40	50
Muito alto	≤ 40	≤ 50

Doses maiores de potássio são recomendadas para o sistema pré-germinado, visando compensar perdas através das águas de drenagem, quando efetuada logo após a mobilização do solo. Essas perdas são reduzidas se a drenagem for feita até 48 horas após o preparo do solo.

No caso dos solos arenosos e orgânicos, cultivados no sistema pré-germinado, podem ser recomendadas doses de potássio maiores do que as indicadas, para compensar eventuais perdas deste elemento. Nestes casos, é recomendado dividir a dose em duas aplicações, sendo 50% na semeadura e o restante em cobertura, antes do início da diferenciação da panícula e por ocasião da aplicação do nitrogênio em cobertura.

Recomenda-se a utilização de cloreto de potássio. O sulfato de potássio quando aplicado em doses elevadas (> 60 kg de S/ha) pode causar efeitos tóxicos pela formação de gás sulfídrico.

Modo de incorporação de fósforo e potássio

No caso do plantio de arroz pré-germinado, os fertilizantes fosfatado e potássico são incorporados com enxada rotativa ou com grade por ocasião da formação da lama ou após o nivelamento da área, antes da semeadura. No sistema de semeadura em solo seco, os fertilizantes devem ser aplicados e incorporados por ocasião da semeadura.

Outros cultivos no sistema

Quando a área é usada para outras culturas em rotação ou em sucessão ao arroz irrigado, deve-se utilizar a classe textural do solo para interpretar o teor de fósforo. Se o arroz foi o primeiro cultivo e a soja o segundo, por exemplo, recomenda-se utilizar as indicações de fósforo e de potássio de primeiro cultivo para a soja, desconsiderando o P e o K aplicados no arroz.

Freqüência de amostragem do solo

Análises de solos a cada cultivo de arroz são indicadas para o sistema tradicional de cultivo (arroz após arroz, intercalado com pastoreio extensivo). Em outros sistemas recomenda-se monitorar a fertilidade do solo a cada dois cultivos.

10.5 - AVEIA PRETA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	40	50
2,6 - 5,0	20	30
> 5,0	≤ 10	≤ 10

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento.

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha em cultivo após leguminosa e 30 kg de N/ha em cultivo após gramínea, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.6 - CANOLA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 15 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura. A adubação em cobertura deve ser feita quando a planta apresentar quatro folhas (aproximadamente aos 40 dias após a semeadura). A aplicação tardia de N (no início do alongamento da haste floral) é pouco eficiente.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	105	65
Baixo	70	50	65	45
Médio	60	30	55	25
Alto	30	30	25	25
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 25

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

Enxofre

Por ser planta produtora de grãos com elevado teor de óleo e de proteína, a canola necessita absorver aproximadamente 20 kg de S/ha para produzir uma tonelada de grãos. Desta forma, o teor de enxofre no solo deverá ser maior que 10 mg/dm³. Quando o solo apresentar teor menor, sugere-se aplicar, na semeadura, aproximadamente 20 kg de S/ha. Podem ser utilizadas fórmulas preparadas com superfosfato simples, que contém S na sua composição. Outras fontes de S são o sulfato de potássio (K₂SO₄) e o sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄]; esses fertilizantes, em termos de K ou de N, geralmente apresentam custo maior que outras fontes destes elementos. Pode ser também utilizado o gesso agrícola (CaSO₄.2H₂O) que contém 13% de S.

10.7 - CENTEIO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	- - - - kg de N/ha - - - -	
≤ 2,5	40	50
2,6 - 5,0	20	30
> 5,0	≤ 10	≤ 10

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento.

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha em cultivo após leguminosa e 30 kg de N/ha em cultivo após gramínea, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.8 - CEVADA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	40	60
2,6 - 5,0	30	40
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha em cevada após leguminosa e 30 kg de N/ha em cevada após gramínea, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 15 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento (em geral entre 30 e 45 dias após a emergência). A aplicação de N em cobertura após o alongamento poderá gerar grãos com mais de 12% de proteína, que são impróprios para a produção de malte.

Em cultivares muito suscetíveis ao acamamento, devem ser utilizadas doses menores que as indicadas na tabela acima. Nas regiões de clima mais quente (região das Missões do Estado do RS, por exemplo), de menor altitude, e quando a cultura tenha sido antecedida pela soja, é recomendável reduzir a aplicação de N a 40 kg de N/ha, no máximo, independentemente do teor de matéria orgânica do solo, devido ao risco de acamamento. Nas regiões mais frias e solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS), as doses de N indicadas podem ser aumentadas visando a expressão do potencial de rendimento.

Quando a cevada for cultivada sobre resteva de milho, e especialmente quando houver muita palha e temperatura mais baixa do solo, convém antecipar a aplicação em cobertura, pois poderá ocorrer imobilização de N, que reduzirá a taxa de

mineralização de N. Para cultivares muito suscetíveis ao acamamento, devem ser aplicadas doses iguais ou menores que as indicadas na tabela.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.9 - ERVILHA SECA E ERVILHA FORRAGEIRA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar.

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do ervilha não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estirpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	105	65	110	70
Baixo	65	45	70	50
Médio	55	25	60	30
Alto	25	25	30	30
Muito alto	0	≤ 25	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.10 - ERVILHACA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar.

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do ervilhaca não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estirpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	100	60	110	70
Baixo	60	40	70	50
Médio	50	20	60	30
Alto	20	20	30	30
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 1 (uma) t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.11 - FEIJÃO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar. O feijão é uma cultura muito sensível à acidez do solo.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	50
2,6 - 5,0	30
> 5,0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Inocular as sementes com inoculante de boa qualidade, contendo a estirpe recomendada e aplicar de 10 a 20 kg de N/ha no plantio, conforme o teor de matéria orgânica do solo e o histórico da área. Aos 15 a 20 dias após a germinação, utilizando uma pá, retirar cuidadosamente algumas plantas com raízes; a simbiose rizóbio/planta é eficiente quando forem observados **mais de 20 nódulos por planta, com coloração interna avermelhada; as folhas devem apresentar cor verde intensa, indicando um bom suprimento de N pela simbiose.**

Se não for observada a nodulação ou sendo esta insuficiente, recomenda-se realizar a adubação de cobertura com N, cerca de 3 semanas após a emergência das plantas. Em geral, a inoculação não supre, isoladamente, a demanda da planta em N. As quantidades de N em cobertura podem ser ajustadas conforme o desenvolvimento da cultura e as condições climáticas, em especial quanto à deficiência hídrica.

A inoculação deve ser feita sempre e, quando eficiente, não há necessidade de aplicação de N em cobertura. Nodulação eficiente tem sido constatada em solos de alta fertilidade natural; resultados insatisfatórios são geralmente observados em solos degradados, mesmo quando corrigida a acidez do solo.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	105	65	110	70
Baixo	65	45	70	50
Médio	55	25	60	30
Alto	25	25	30	30
Muito alto	0	≤ 25	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.12 - GIRASSOL

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, 30 dias após a emergência.

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	110	70
Baixo	70	50	70	50
Médio	60	30	60	30
Alto	30	30	30	30
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.13 - LINHO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Aplicar 10 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início da ramificação.

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	110	70
Baixo	70	50	70	50
Médio	60	30	60	30
Alto	30	30	30	30
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.14 - MILHO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio		
	Cultura antecedente ⁽¹⁾		
	Leguminosa	Consociação ou pousio	Gramínea
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	70	80	90
2,6 - 5,0	50	60	70
> 5,0	≤ 30	≤ 40	≤ 50

⁽¹⁾ As quantidades indicadas são para uma estimativa de produção média de massa seca. Em outros casos, pode-se alterar a dose em até 20 kg/ha: para mais, se a semeadura do milho for após produção alta de gramínea e para menos, se a semeadura do milho for após leguminosa ou consorciação (ver texto abaixo).

Para a expectativa de rendimento maior do que 4 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

As recomendações de nitrogênio para o milho são baseadas no teor de matéria orgânica do solo e na expectativa de rendimento de aproximadamente 4 t/ha de grãos em anos com precipitação pluviométrica normal, pressupondo-se o aproveitamento do efeito residual de nitrogênio do cultivo antecedente.

Podem ser utilizados os seguintes critérios para a escolha do rendimento:

≤ 4 t/ha: solo, clima ou manejo pouco favoráveis (má distribuição de chuvas, solos com baixa capacidade de retenção de umidade, semeadura em época pouco propícia, baixa densidade de plantas, etc.);

4 a 6 t/ha: solo, clima e manejo favoráveis ao desenvolvimento da cultura;

6 a 8 t/ha: solo, clima e manejo favoráveis, incluindo eventual uso de irrigação ou drenagem, uso de genótipos bem adaptados e manejo eficiente do solo; e,

> 8 t/ha: condições ambientais e de manejo muito favoráveis (todos os nutrientes em quantidades adequadas), utilização de genótipos de elevado potencial produtivo e uso eficiente de irrigação ou em safras com boa distribuição de chuva.

A contribuição do cultivo antecedente depende da quantidade de biomassa produzida, em massa seca. Pode-se adotar os seguintes valores de produção de massa seca para leguminosa, gramínea ou consorciação:

Leguminosa: baixa = < 2 t/ha; média = 2 a 3 t/ha; alta = > 3 t/ha.

Conсорciação e gramínea: baixa = < 2 t/ha; média = 2 a 4 t/ha; alta = > 4 t/ha.

O nabo forrageiro pode ser considerado como leguminosa de baixa produção para solos com teores de matéria orgânica menores que 3% e como leguminosa de média produção para os demais solos. A adubação nitrogenada pode ser reduzida em até 20% em lavouras de milho em rotação anual com soja.

No sistema de cultivo convencional, recomenda-se aplicar entre 10 e 30 kg de N/ha na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante em cobertura a lanço ou no sulco, quando as plantas estão com 4 a 8 folhas ou com 40 a 60 cm de altura. Em condições de chuvas intensas ou se a dose de N for elevada pode-se fracionar a aplicação em duas partes com intervalos de 15 a 30 dias.

No sistema plantio direto, recomenda-se aplicar entre 20 e 30 kg de N/ha na semeadura, quando o cultivo for feito sobre resíduos de gramíneas e entre 10 e 15 kg de N/ha quando o cultivo for sobre resíduos de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura (4 a 6 folhas) em lavouras de milho no sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema e em solos com baixa disponibilidade de N. O fracionamento da aplicação de N em cobertura é indicado quando a dose é elevada. A incorporação de N em cobertura em relação à aplicação a lanço, aumenta o rendimento em 5%.

Estudos comparativos entre fontes de N indicam que o sulfato de amônio e o nitrato de amônio proporcionam rendimento igual ou superior à uréia, para aplicações superficiais (sem incorporação ao solo) e em condições menos favoráveis (pouca umidade do solo, pouca palha, altas temperaturas, etc.). Em condições de umidade do solo adequada e em clima favorável (15 a 30 mm de chuva logo após à aplicação, dependendo da textura do solo), os adubos nitrogenados apresentam eficiência semelhante, devendo ser utilizada a fonte com menor custo unitário de N.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	125	85	110	70
Baixo	85	65	70	50
Médio	75	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para a expectativa de rendimento maior do que 4 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.15 - MILHO PIPOCA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 30

Utilizar o mesmo manejo da adubação nitrogenada recomendado para o milho tanto no sistema de plantio convencional como no plantio direto.

Para a expectativa de rendimento maior que 3 t/ha, acrescentar 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	115	75	105	65
Baixo	75	55	65	45
Médio	65	35	55	25
Alto	35	35	25	25
Muito alto	0	≤ 35	0	≤ 25

Para a expectativa de rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.16 - NABO FORRAGEIRO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	40
2,6 - 5,0	30
> 5,0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, quando a planta apresentar quatro folhas formadas (30 a 40 dias após a semeadura).

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	120	80
Baixo	70	50	80	60
Médio	60	30	70	40
Alto	30	30	40	40
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 40

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.17 - PAINÇO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	40
2,6 - 5,0	20
> 5,0	10

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura 30 dias após a emergência.

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	100	60	95	55
Baixo	60	40	55	35
Médio	50	20	45	15
Alto	20	20	15	15
Muito alto	0	≤ 20	0	≤ 15

Para a expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.18 - SOJA

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar.

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura da soja não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estirpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	125	85
Baixo	70	50	85	65
Médio	60	30	75	45
Alto	30	30	45	45
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 45

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

Enxofre

O teor de enxofre no solo deve ser maior que 10 mg/dm^3 . Se o teor for inferior, aplicar 20 kg de S/ha.

Micronutrientes

Boas respostas em rendimento de grãos de soja têm sido obtidas pela aplicação de molibdênio em solos com pH em água inferior a 5,5 e apresentando deficiência de nitrogênio no início do desenvolvimento da cultura, constatada pelo amarelecimento generalizado das folhas, devido à baixa eficiência da fixação biológica do N. As doses a aplicar variam entre 12 e 25 g de Mo/ha, via semente, ou entre 25 e 50 g de Mo/ha, via foliar, sendo recomendadas as doses mais elevadas para os solos arenosos. Podem ser utilizados o molibdato de amônio (54% de Mo solúvel em água) e o molibdato de sódio (39% de Mo solúvel em água). As aplicações de molibdênio na semente, à semelhança dos fungicidas, deve preceder a inoculação. Aplicações foliares devem ser feitas entre 30 e 45 dias após a emergência.

Em sistemas agrícolas de integração lavoura-pecuária, deve-se monitorar o teor de molibdênio nas pastagens. A elevação do pH pela calagem aumenta a disponibilidade de Mo, podendo afetar o metabolismo do cobre em ruminantes; deve-se suspender a adição deste nutriente ao solo, quando seu teor na parte aérea das plantas atingir 5 mg de Mo/kg.

Aplicações dos outros micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl e Co) não são indicadas devido à incerteza das informações disponíveis e ao fato da maioria dos solos dos Estados do RS e de SC serem bem supridos destes elementos. Aplicações de zinco, manganês e boro podem ser recomendadas se a análise de solo ou a diagnose foliar mostrar baixos teores disponíveis. No caso do uso de produtos com cobalto, as quantidades a serem utilizadas não devem ultrapassar a 3 g de Co/ha, para evitar fitotoxidez para a soja.

10.19 - SORGO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	20

Para a expectativa de rendimento maior que 3 t/ha, acrescentar 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, quando as plantas estiverem com cinco a sete folhas (aproximadamente 30 a 35 dias após a emergência), antes do início da diferenciação do primórdio floral. A adubação nitrogenada em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida, dependendo das condições de clima.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	115	75	105	65
Baixo	75	55	65	45
Médio	65	35	55	25
Alto	35	35	25	25
Muito alto	0	≤ 35	0	≤ 25

Para a expectativa de rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.20 - TREMOÇO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Condições de pH do solo próximo a 6,0 favorecem o desenvolvimento da simbiose rizóbio-planta e a fixação da N do ar.

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do tremoço não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estirpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	105	65	125	85
Baixo	65	45	85	65
Médio	55	25	75	45
Alto	25	25	45	45
Muito alto	0	≥ 25	0	≤ 45

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver itens 7.4 e 7.9.

10.21 - TRIGO

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha em trigo após leguminosa e 30 kg de N/ha em trigo após gramínea, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar entre 15 e 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento (aproximadamente entre 30 e 45 dias após a emergência). Para as doses mais elevadas, pode-se parcelar a cobertura em duas aplicações, sendo uma no início do afilhamento e a outra no início do alongamento. No caso de resteva de milho e, quando há muita palha, convém antecipar a adubação nitrogenada de cobertura, especialmente em solos arenosos ou com baixos teores de matéria orgânica.

Para cultivares muito suscetíveis ao acamamento devem ser utilizadas doses menores que as indicadas acima. Nas regiões de clima mais quente (região das Missões do Estado do RS, por exemplo), de menor altitude, e quando o trigo for antecedido pela soja, é recomendável restringir a aplicação de N a no máximo 40 kg/ha (base + cobertura) independentemente do teor de matéria orgânica do solo, a fim de evitar danos por acamamento. Nas regiões mais frias e solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS), as doses de N indicadas podem ser aumentadas visando a expressão do potencial de rendimento.

Quando for cultivado nabo forrageiro como cultura intercalar entre o milho e o trigo e a fitomassa produzida pelo nabo for maior do que 3 t/ha, sugere-se aplicar a dose de N indicada para o trigo cultivado após leguminosa. Esta recomendação não é válida quando o nabo também for cultivado antes do milho.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

10.22 - TRITICALE

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha em triticales cultivado após leguminosa e 30 kg de N/ha em triticales cultivado após gramínea, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar entre 15 e 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento (aproximadamente entre 30 e 45 dias após a emergência). Para as doses mais elevadas, pode-se parcelar a cobertura em duas aplicações, sendo uma no início do afilhamento e a outra no início do alongamento. No caso de resteva de milho e, quando há muita palha, convém antecipar a adubação nitrogenada de cobertura, especialmente em solos arenosos ou com baixos teores de matéria orgânica.

Para cultivares muito suscetíveis ao acamamento devem ser utilizadas doses menores que as indicadas acima. Nas regiões de clima mais quente (região das Missões do Estado do RS, por exemplo), de menor altitude, e quando o triticales for antecedido pela soja, é recomendável restringir a aplicação de N a no máximo 40 kg/ha (base + cobertura) independentemente do teor de matéria orgânica do solo, a fim de evitar danos por acamamento. Nas regiões mais frias e solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS), as doses de N indicadas podem ser

aumentadas visando a expressão do potencial de rendimento, pois o triticale, em geral, não é suscetível ao acamamento.

Quando for cultivado nabo forrageiro como cultura intercalar entre o milho e o triticale e a fitomassa produzida pelo nabo for maior do que 3 t/ha, sugere-se aplicar a dose de N indicada para o triticale cultivado após leguminosa. Esta recomendação não é válida quando o nabo for também cultivado antes do milho.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	110	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

10.23 - CULTIVOS CONSORCIADOS

Calagem

No sistema plantio direto, utilizar as indicações de calagem constantes na página 115 e na Tabela 6.3. No sistema convencional, adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Aplicar a dose indicada para cada cultura, na época recomendada, calculando-se as quantidades conforme a área ocupada por cada uma delas.

Fósforo e potássio

- a) Plantios simultâneos:** no caso de cultivo em consórcio em que as duas culturas são semeadas simultaneamente, usar a recomendação de adubação da cultura mais exigente.
- b) Plantios não simultâneos:** no caso de cultivo em consórcio em que as duas culturas são semeadas em épocas diferentes, usar as recomendações de adubação de cada cultura, calculando-se as quantidades conforme a área ocupada por cada uma delas.

FORRAGEIRAS

A pecuária de leite e/ou de corte está presente na maioria dos estabelecimentos rurais dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nas mais variadas condições de clima e de solo. A base alimentar dos animais nos diferentes sistemas produtivos pecuários é representada pelas pastagens, cujos sistemas principais de cultivo são descritos neste capítulo. Os solos sob pastagens apresentam diferentes características de material de origem, de relevo e de fertilidade natural. A baixa fertilidade dos solos é uma das principais causas das dificuldades para a implantação e persistência das pastagens cultivadas e para a expressão do potencial das espécies nativas.

As exigências nutricionais dos animais dependem da finalidade a que se destinam. O gado leiteiro, por exemplo, tem maior exigência nutricional do que o gado para corte e os índices produtivos dos animais dessas categorias dependem, dentre outros fatores, da utilização de espécies forrageiras de maior potencial produtivo e de melhor qualidade. A produtividade das espécies forrageiras (nativas, naturalizadas ou implantadas) depende da correção da acidez do solo e da adubação adequada para cada espécie. As recomendações de corretivos e de fertilizantes são dificultadas pelo fato de as plantas forrageiras constituírem um grupo numeroso e heterogêneo de espécies, principalmente de gramíneas e de leguminosas, de ciclo anual, bienal ou perene, de estações fria ou quente e com diferentes adaptações às condições físicas e químicas de solos. Além disso, as forrageiras podem ser cultivadas isoladamente ou em consorciações.

Neste Capítulo são apresentados os principais sistemas produtivos de pastagens dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e as tabelas de adubação e de calagem para cada sistema. São apresentadas as recomendações para espécies isoladas ou grupos de espécies e tipos de utilização, as quais devem ser compatibilizadas conforme os sistemas de produção que incluem forrageiras. No caso de espécies anuais, as quantidades de fertilizantes se referem a cada cultivo, enquanto para as perenes se referem a cada ano.

São também fornecidas informações complementares quanto à variação das doses de N, P₂O₅ e K₂O em função da expectativa de rendimento de massa seca e do tipo de manejo da pastagem (pastejo, corte, etc.).

Em geral, os solos dos Estados do RS e de SC suprem adequadamente as necessidades de enxofre (S) e micronutrientes das espécies forrageiras. Portanto, há muito baixa probabilidade de resposta das pastagens à aplicação destes nutrientes, principalmente sob pastejo, pela reciclagem via dejetos dos animais. Algumas situações específicas são reportadas para cada espécie ou grupo de forrageiras.

Para o S, pode ser necessária, a partir de indicação da análise do solo, a reposição das quantidades exportadas em algumas situações específicas de maior demanda deste nutriente, como o cultivo de leguminosas em solos arenosos e/ou com baixo teor de matéria orgânica ou manejadas intensivamente sob corte. Nestes casos, a aplicação periódica, a cada dois anos, de 20 a 30 kg de S/ha é suficiente para atender à demanda. A reposição deste nutriente é também plenamente atendida quando são utilizados adubos orgânicos. No caso de espécies perenes sob exploração intensiva (alfafa, por exemplo), a utilização de gesso agrícola pode, além de suprir enxofre, favorecer o aprofundamento das raízes, o que é importante em situações de deficiência hídrica.

No Capítulo 6 (item 6.4) são apresentadas as orientações gerais referentes à correção da acidez do solo em diferentes sistemas produtivos. Sugere-se adotar prioritariamente as recomendações de calagem para as culturas de grãos nos casos de rotações destas com espécies forrageiras.

11.1 - GRAMÍNEAS DE ESTAÇÃO FRIA

As gramíneas anuais de estação fria são geralmente cultivadas em sistemas integrados com lavouras. Nesse caso, as práticas de calagem e de adubação devem ser compatibilizadas com as necessidades dos sistemas de cultivo adotados (sucessão e rotação de culturas, manejo do solo, etc.). A escolha da espécie a ser implantada depende da cultura de interesse que sucederá a pastagem, como, por exemplo, aveia/milho e/ou soja e azevém anual/feijão. Espécies anuais também são cultivadas para cobertura de solo durante o inverno. Nesse caso, as espécies cultivadas não são utilizadas como forrageiras.

Entre as espécies anuais, incluem-se as aveias branca e preta, o azevém, o centeio, o capim lanudo, o triticale e a cevada forrageira; entre as espécies perenes incluem-se a festuca, a faláris, o dáctilo, a aveia perene e a cevadilha.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 5,5 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implementação em diferentes sistemas de manejo.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100 - 150
2,6 – 5,0	40 - 100
> 5,0	≤ 40

Para a expectativa de rendimento maior que 5 t/ha (anuais) e 7 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar 25 kg de N/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Em cada faixa, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica.

Aplicar 20 kg de N/ha na semeadura e parcelar o restante em duas a quatro aplicações, dependendo da dose, no perfilhamento e após cada utilização da pastagem. Se o teor de matéria orgânica do solo for maior que 5,0%, suprimir a adubação nitrogenada na semeadura, sendo a

dose total parcelada em partes iguais, aplicadas conforme referido acima. Esse mesmo procedimento é adotado para as espécies perenes a partir do segundo ano, aplicando-se a partir do início do outono.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano		Potássio por cultivo ou ano	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	120	80	120	80
Baixo	80	60	80	60
Médio	70	40	70	40
Alto	40	40	40	40
Muito alto	0	≤ 40	0	≤ 40

Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 40 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento maior que 5 t/ha (anuais) e 7 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início do outono.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subsequente.

11.2 - GRAMÍNEAS DE ESTAÇÃO QUENTE

As gramíneas anuais de estação quente são, normalmente, cultivadas em sistemas integrados com lavouras. Neste caso, as práticas de calagem e de adubação devem ser adequadas às características dos sistemas de cultivo adotados (sucessão e rotação de culturas, manejo do solo, etc.). Nesse grupo incluem-se, como espécies anuais, o milho, o sorgo forrageiro, o teosinto e o capim papuã; este último pode infestar lavouras, no caso de ser introduzido em rotação com culturas.

As gramíneas perenes são incluídas em sistemas pastoris utilizados continuamente por vários anos (longo prazo). Entre as espécies perenes, incluem-se o capim colômbio (tanzânia, mombaça, aruana, massai), o capim pangola, o capim quicuí, a grama bermuda (tifton, coastcross), a setária, as braquiárias, a hemátria, a grama missionária, a pensacola e o capim-de-rhodes.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 5,5 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implementação em diferentes sistemas de manejo.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	≥ 200
2,6 - 5,0	100 - 200
> 5,0	≤ 100

Para a expectativa de rendimento maior que 8 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar 30 kg de N/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Em cada faixa, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica.

Aplicar 20 kg de N ha na semeadura ou plantio e o restante, em duas a quatro vezes, dependendo da dose, no perfilhamento e após a utilização da pastagem. Se o teor da matéria orgânica do solo for maior que 5,0%, suprimir a adubação nitrogenada no plantio, sendo a

dose parcelada em partes iguais, aplicadas conforme referido acima. No caso de espécies perenes, a partir do segundo ano, parcelar a dose total em partes iguais, aplicadas no final do inverno/início da primavera e após cada período de utilização. A dose pode variar com o teto de rendimento desejado.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano		Potássio por cultivo ou ano	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	120	100	120	100
Baixo	100	80	100	80
Médio	80	60	80	60
Alto	60	60	60	60
Muito alto	0	≤ 60	0	≤ 60

Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento maior que 8 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da primavera.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subsequente.

11.3 - CAPIM ELEFANTE

O capim elefante é implantado em solo preparado no sistema convencional. O plantio é feito com colmos, distribuídos nos sulcos, com espaçamento de 70 cm, no sistema "pé com ponta". Pode ser usado tanto para pastejo quanto para corte (capi-neira). O manejo das plantas afeta diretamente a longevidade e a produtividade da cultura. Dentre os aspectos mais importantes do manejo do capim elefante, destacam-se o período de descanso, a lotação (carga animal), a umidade do solo e a altura de pastejo ou de corte. Incluem-se neste grupo o capim elefante anão e o capim elefante gigante.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 5,5 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implementação em diferentes sistemas de manejo.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio/ano
%	kg de N/ha
≤ 2,5	≥ 200
2,6 - 5,0	100 - 200
> 5,0	< 100

Para a expectativa de rendimento maior que 12 t/ha (a partir do 2º ano), acrescentar 10 kg de N/ha por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Em cada faixa, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica.

Aplicar 20 kg de N/ha no plantio e parcelar o restante em duas a quatro vezes, sendo uma no perfilhamento e as demais após a utilização (pastejo ou corte). Se o teor da matéria orgânica do solo for maior que 5,0%, suprimir a adubação nitroge-

nada no plantio. Nesse caso, dividir a dose total em partes iguais, aplicando-as conforme referido acima. A partir do segundo ano, parcelar a dose total em partes iguais, aplicando-as no final do inverno ou início da primavera e após cada período de utilização da pastagem. Dentro de cada tipo de uso, a dose pode variar com o teto de rendimento desejado.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por ano		Potássio por ano	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	120	100	130	100
Baixo	100	80	100	80
Médio	80	60	70	60
Alto	60	60	50	60
Muito alto	0	≤ 60	0	≤ 60

Para a expectativa de rendimento maior do que 12 t/ha (a partir do 2º ano), acrescentar aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Na utilização para pastejo, aplicar a dose de potássio da tabela; sob corte (capineira), aplicar 20 kg de K₂O/ha, por tonelada de massa seca removida.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

A adubação de reposição de fósforo e de potássio deve ser feita no início da primavera. Em solos com CTC "Baixa", recomenda-se o parcelamento da dose de potássio em duas ou três vezes, nas mesmas épocas da adubação nitrogenada.

11.4 - LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO FRIA

As leguminosas de estação fria são geralmente cultivadas em consorciações; culturas estromes geralmente destinam-se à produção de sementes ou de feno.

Incluem-se como espécies anuais a ervilhaca, o cornichão El Rincon, o trevo vesiculoso e o trevo subterrâneo. Como espécies perenes incluem-se o trevo branco, o cornichão São Gabriel, o trevo vermelho e o cornichão maku.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,0 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implementação em diferentes sistemas de manejo.

Nitrogênio

Inocular as sementes com rizóbio específico. Optar pela adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar nitrogênio na dose de 20 kg de N/ha, após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano	Potássio por cultivo ou ano
	1º	1º
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	145	105
Baixo	90	70
Médio	70	60
Alto	50	50
Muito alto	0	0

Para os anos (espécies perenes) ou cultivos (espécies anuais) subseqüentes, aplicar 40 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha. Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e K, aplicar estas mesmas doses de fósforo e potássio; caso contrário, utilizar as indicações para o 1º cultivo.

Para a expectativa de rendimento maior do que 3 t/ha (anuais) e 4 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), em todos os casos, acrescentar aos valores indicados 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início do outono.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subseqüente.

11.5 - LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO QUENTE

As leguminosas de estação quente destinam-se, geralmente, à reserva de proteína ou para produção de sementes. O amendoim forrageiro tem sido utilizado com bons resultados em pastejo direto em algumas regiões dos Estados do RS e de SC. Cultivos estremes de leguminosas de estação quente também têm sido utilizados para a recuperação de áreas degradadas, com manejo sob pastejos seletivos.

Incluem-se, entre as espécies anuais, o feijão miúdo e o labe-labe. Como espécies perenes incluem-se o guandu, o desmódio, o siratro, a soja perene, o lotononis, a leucena, o amendoim forrageiro e o estilozantes.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,0 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implementação em diferentes sistemas de manejo.

Nitrogênio

Deve-se inocular as sementes com o rizóbio específico, se disponível. As espécies de estação quente (tropicais) nem sempre têm rizóbio específico e/ou são naturalmente inoculadas por raças nativas. Deve-se utilizar a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha, após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano	Potássio por cultivo ou ano
	1º	1º
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	130	90
Baixo	90	70
Médio	80	60
Alto	50	50
Muito alto	0	0

Para os anos (espécies perenes) ou cultivos (espécies anuais) subseqüentes, aplicar 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e K, aplicar estas mesmas doses de fósforo e potássio; caso contrário, utilizar as indicações para o 1º cultivo.

Para a expectativa de rendimento maior do que 4 t/ha (anuais) e 6 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), em todos os casos, acrescentar aos valores indicados 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da primavera.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subseqüente.

11.6 - ALFAFA

A alfafa pode ser implantada em cultivo estreme ou consorciada com outras espécies forrageiras. É muito sensível à acidez do solo e, por isto, cuidados especiais devem ser observados na calagem, principalmente quanto à quantidade e à profundidade de incorporação do calcário (Capítulo 6). Alta densidade de semeadura e bom preparo do solo são essenciais para garantir uma adequada população de plantas, capaz de competir com as plantas invasoras. A longevidade do alfafal depende, em grande parte, da manutenção de teores adequados de nutrientes no solo e do seu manejo. Além do corte, para produção de feno ou suprimento de forragem fresca, a alfafa pode também ser utilizada para pastejo, tanto em cultivo estreme quando consorciada com gramíneas, desde que observadas as exigências das espécies e os riscos potenciais de timpanismo nos animais. Outras informações sobre o cultivo da alfafa podem ser obtidas em Nuernberg et al. (1990).

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,5 (Tabela 6.2). Se houver possibilidade, é aconselhável incorporar o calcário até 40 cm de profundidade. Nesse caso, a quantidade a aplicar deve ser aumentada proporcionalmente.

Nitrogênio

Realizar a inoculação das sementes com o rizóbio específico. Fazer a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar de 20 a 40 kg de N/ha após cada corte, dependendo do desenvolvimento da cultura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	1º ano	1º ano
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	150	210
Baixo	110	180
Médio	90	150
Alto	70	120
Muito alto	≤ 50	≤ 90

Para os anos subsequentes, adicionar por ano 110 kg de P₂O₅/ha e 300 kg de K₂O/ha para rendimento de 10 t/ha (a partir do 2º ano) de massa seca. Para a expectativa de rendimento maior, acrescentar a estes valores 10 kg de P₂O₅/ha e 30 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

A adubação de reposição de fósforo deve ser feita no início da primavera, com utilização de fosfatos solúveis. A cada dois anos, aplicar fertilizante fosfatado que contenha enxofre ou outra fonte deste nutriente.

A adubação potássica deve ser parcelada em duas épocas: 1/3 no outono e 2/3 na primavera, juntamente com a aplicação de fósforo. Em solos com CTC "Baixa", parcelar a dose de potássio em três vezes (1/3 no início do outono; 1/3 no início da primavera e 1/3 no início do verão). A dose de potássio no primeiro ano é inferior à reposição, pois nesse período a cultura está na fase de estabelecimento, não havendo ainda a expressão de todo o potencial produtivo.

Boro

Aplicar 20 kg de bórax por hectare antes da semeadura, repetindo esta dose anualmente, no início da primavera.

11.7 - CONSORCIAÇÕES DE GRAMÍNEAS E DE LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO FRIA

As consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação fria podem ser implantadas em preparo convencional ou em sistemas de cultivo com preparo reduzido, em sobre-semeadura e em pastagem natural. A combinação das espécies a serem implantadas depende do sistema produtivo. As consorciações podem ser formadas por espécies anuais, bienais ou perenes. O manejo afeta diretamente a produtividade e a longevidade da pastagem. São importantes no manejo o período e a época de diferimento, a ressemeadura, a lotação (carga animal), a umidade do solo e a altura de pastejo.

Dentre outras, podem ser utilizadas a aveia, o azevém, o centeio, o capim lanudo e o triticale como gramíneas anuais e a festuca, o dátilo, a aveia perene e a cevadilha perene como gramíneas perenes. Como leguminosas anuais, incluem-se a ervilhaca, o cornichão El Rincon, o trevo vesiculoso e o trevo subterrâneo; como leguminosas perenes, incluem-se o trevo branco, o cornichão São Gabriel e o trevo vermelho.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,0 (Tabela 6.2). Ver as observações do item 6.4 para a implantação em diferentes sistemas de manejo. Ver as observações do item 11.10.

Nitrogênio

Inocular as sementes das leguminosas com rizóbio específico. Fazer adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg de N/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano	Potássio por cultivo ou ano
	1º	1º
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	140	90
Baixo	100	70
Médio	60	50
Alto	40	40
Muito alto	0	0

Para os anos (espécies perenes) ou cultivos (espécies anuais) subseqüentes, aplicar 40 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha. Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e de K, aplicar estas mesmas doses de fósforo e potássio; caso contrário, utilizar as indicações para o 1º cultivo.

Para a expectativa de rendimento maior do que 5 t/ha (anuais) e 7 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), em todos os casos, acrescentar aos valores indicados 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início do outono.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subseqüente.

11.8 - CONSORCIAÇÕES DE GRAMÍNEAS E DE LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO QUENTE

As consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação quente podem ser implantadas em preparo convencional ou em sistemas de cultivo com preparo reduzido. A combinação das espécies a serem utilizadas depende do sistema produtivo. As consorciações podem ser formadas por espécies anuais, bienais ou perenes. O manejo afeta diretamente a produtividade e a longevidade da pastagem. São importantes no manejo o período e a época de descanso, a ressemeadura, a lotação (carga animal), a umidade do solo e a altura de pastejo.

Incluem-se, neste grupo, o milho, o sorgo forrageiro e o teosinto, como gramíneas anuais e a pensacola, o capim-de-rhodes, o capim elefante, o capim colômbio, a pangola, a grama bermuda (tifton, coastcross), a setária, as braquiárias, o capim quicuí e a hemátria, como gramíneas perenes. Como leguminosas anuais, incluem-se o feijão miúdo e o labe-labe, e como leguminosas perenes o guandu, o desmódio, a leucena, o amendoim forrageiro e a soja perene.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,0 (Tabela 6.2). No caso de implantação em sobre-semeadura (cultivo reduzido), utilizar $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ da dose recomendada para a camada de solo de zero a 20 cm de profundidade.

Nitrogênio

Inocular as sementes das leguminosas com rizóbio específico, se disponível. As espécies de estação quente (tropicais) nem sempre têm rizóbio específico e/ou são naturalmente inoculadas por raças nativas. Deve-se utilizar a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano	Potássio por cultivo ou ano
	1º	1º
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	160	130
Baixo	110	110
Médio	80	80
Alto	60	60
Muito alto	0	0

Para os anos (espécies perenes) ou cultivos (espécies anuais) subseqüentes, aplicar 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas com correção total de P e de K, aplicar estas mesmas doses de fósforo e potássio; caso contrário, utilizar as indicações para o 1º cultivo.

Para a expectativa de rendimento maior do que 7 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), em todos os casos, acrescentar aos valores indicados 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da outono.

No caso de implantação em sobre-semeadura (cultivo reduzido), utilizar a metade das doses recomendadas, mantendo-se, entretanto, as doses adicionais de fósforo e potássio para a expectativa de maiores rendimentos.

Se a pastagem for destinada ao corte para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), aumentar em 50% as doses de fósforo e de potássio indicadas para o ano ou cultivo subseqüente.

11.9 - PASTAGENS NATURAIS (NATIVAS OU NATURALIZADAS)

As pastagens naturais incluem os "campos nativos" e as pastagens naturalizadas, resultantes da revegetação de áreas previamente utilizadas para outras finalidades (culturas ou mesmo pastagens anuais). A expressão de seu potencial produtivo depende de práticas adequadas de manejo, incluindo a melhoria da fertilidade do solo. Para tanto, é essencial o conhecimento do tipo de pastagem disponível e o potencial de resposta. A caracterização geral dessas formações é difícil devido à ocorrência de um grande número de espécies, muitas vezes representadas por diferentes ecotipos. Do ponto de vista funcional, há uma grande variabilidade na produtividade, tanto no tempo quanto no espaço (Nabinger et al., 2000). No tempo, as variações são determinadas pelas condições meteorológicas. No espaço, a produtividade forrageira está diretamente relacionada às características físicas e químicas e ao relevo dos solos. Os fatores edáficos determinam grandes variações na composição botânica e na produtividade, em função da dominância de algumas espécies, adaptadas às condições predominantes de solo.

Para a decisão de utilização de áreas sob pastagem natural, é apresentada uma descrição resumida (Tabela 11.9.1) dos campos das principais regiões fisiográficas dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e dos sistemas produtivos utilizados.

Tabela 11.9.1. Regiões de ocorrência e descrição de agroecossistemas com a utilização de forrageiras nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Região	Descrição do agroecossistema
Litoral (SC)	Nas terras baixas, argilosas e turfosas e mal drenadas, predominam espécies do gênero <i>Brachiaria</i> (<i>B. mutica</i> e <i>B. radicans</i>), associadas a um grande número de gêneros nativos.
Encostas do Litoral (SC)	Relevo acidentado, solos bem drenados com baixa fertilidade natural, muitas vezes degradados pela agricultura, predominando pastagens naturalizadas, constituídas, na maioria, por gramíneas dos gêneros <i>Axonopus</i> e <i>Paspalum</i> , com presença de leguminosas, principalmente do gênero <i>Desmodium</i> . Mais recentemente, espécies cultivadas do gênero <i>Brachiaria</i> (<i>B. decumbens</i> e <i>B. humidicola</i>) tem sido utilizadas.

Continua

Tabela 11.9.1. Continuação

Região	Descrição do agroecossistema
Alto Vale do Itajaí (SC)	Região com relevo predominante acidentado, com solos de baixa fertilidade natural. As pastagens naturalizadas, compostas principalmente por espécies dos gêneros <i>Axonopus</i> e <i>Paspalum</i> , ocupam grande parte da área destinada à produção animal. O melhoramento das pastagens pode ser feito pela calagem e adubação e sobre-semeadura de espécies de inverno, especialmente azevém, aveia, trevo branco, trevo vermelho, cornichão e ervilhaca.
Planalto Sul (SC) e Campos de Cima da Serra (RS)	Região conhecida como campos de altitude, tendo como espécie predominante o capim-caninha (<i>Andropogon lateralis</i>). Predomínio de solos de baixa fertilidade natural, acidez elevada, alto teor de alumínio e pobres em nutrientes, principalmente fósforo. Como a carga animal destes campos é baixa, estabelecida em função da baixa qualidade e da pequena quantidade de forragem disponível no inverno, há uma grande sobra de forragem no verão. As alternativas para a melhor utilização são o aumento da fertilidade do solo e a introdução de espécies hibernais (aveia, azevém, capim lanudo, trevo branco, trevo vermelho, cornichão).
Planalto Médio (RS)	Vegetação original muito modificada pelas lavouras intensivas. Em geral, são campos grossos, com baixa capacidade de suporte, predominando a barba-de-bode (<i>Aristida jubata</i>) no estrado superior. A melhoria desses campos deve necessariamente incluir o controle da barba-de-bode e a correção da fertilidade do solo. A introdução de espécies hibernais, como, aveia, azevém, trevos e cornichão, e a integração lavoura-pecuária são alternativas indicadas para esta região.
Missões (RS)	Vegetação original profundamente modificada, sobretudo nos campos grossos situados no centro e leste, que apresentam baixa capacidade de suporte, tendo, na sua maioria, sido substituídos pela lavoura. A oeste, em direção ao Rio Uruguai, predominam campos finos, com melhor capacidade de suporte, localizados, de modo geral sobre solos sedimentares e planos. Nesses solos, predomina a atividade integrada arroz/pecuária de corte. Apresentam boa cobertura de solo, formando pastagens de boa qualidade, que respondem muito bem à correção do solo e à adubação. Na integração com a lavoura de arroz, a sucessão com pastagens de inverno-primavera representa uma alternativa altamente viável.
Depressão Central (RS)	Caracteriza-se como campos mistos nos solos derivados do basalto e granito e campos grossos nos solos arenosos. Os campos mistos, que são encontrados na maior parte da região, respondem facilmente ao manejo (ajuste de carga, diferimento e roçada), bem como à correção da fertilidade do solo, associada ou não à sobre-semeadura de espécies de inverno. Aveia, azevém, trevo vesiculoso, trevo subterrâneo, trevo branco (nas áreas de várzea) e cornichão são espécies utilizadas com sucesso no melhoramento das pastagens naturais da região. Há alto potencial para cria e parte da recria em pastagem natural e terminação em pastagens nativas melhoradas por adubação e sobre-semeadura de espécies de inverno, ou pastagens cultivadas, na rotação com lavouras (soja, milho, arroz).

Continua

Tabela 11.9.1. Continuação

Região	Descrição do agroecossistema
Campanha (RS)	<p>Apresenta, em geral, os melhores campos naturais do Rio Grande do Sul. Em função do material de origem e da profundidade dos solos, os campos da Campanha podem ser classificados em três tipos principais: campos finos sobre solos rasos, campos finos sobre solos profundos e campos grossos e mistos sobre solos profundos e arenosos. Os campos finos sobre solos rasos (Uruguaiana, Quaraí, parte de Alegrete, Santana do Livramento e sul de Itaqui) são campos limpos, com grande número de espécies de baixo porte, de excelente valor forrageiro, com alta cobertura do solo e boa presença de espécies hibernais. O maior problema é a pouca profundidade dos solos, associada a freqüentes estiagens. O manejo adequado (ajuste da carga e diferimento), associado à fertilização, pode aumentar muito a participação de espécies nativas hibernais. A sobre-semeadura de espécies cultivadas de inverno, como azevém, cornichão e trevo branco, constitui uma boa alternativa de aumento da capacidade de suporte durante o período de inverno e de primavera. Os campos finos, sobre solos férteis e mais profundos, que ocorrem nos municípios de Bagé, Dom Pedrito e adjacências, possuem excelente cobertura, suportam bem as estiagens e propiciam produções satisfatórias. Em geral, o principal problema nesses campos é o excesso de carga animal, necessidade de limpeza e falta de melhor uso da integração lavoura-pecuária. Os campos grossos e mistos sobre solos arenosos são encontrados nos municípios de Rosário do Sul, parte de São Gabriel, Santana do Livramento, Alegrete, São Francisco de Assis e oeste de São Sepé. Os campos são sujeitos na parte leste, com presença de carqueja, alecrim, caraguatá e andropogoneas, e relativamente limpos e de melhor qualidade a oeste e ao sul. O principal problema da região é o excesso de carga animal, sobretudo nos solos arenosos, que associada à agricultura convencional pode ter contribuído para a arenização de alguns locais. A sobre-semeadura de espécies de inverno, precedida da correção do solo e da adubação, permite o melhoramento dos campos mais limpos pelo aumento da ocorrência de espécies de melhor qualidade.</p>
Serra do Sudeste (RS)	<p>Correspondem à savana, com arbustos e árvores isoladas no estrato superior e gramíneas no estrato inferior. Em geral, a vegetação campestre é rala e com espécies de baixo valor forrageiro, especialmente nas partes das encostas, com alta porcentagem de solo descoberto. Devido à topografia acidentada, predominam solos rasos, pouco férteis, com afloramentos de rocha. A atividade principal é a pecuária, com ovinos e bovinos. Uma prática comum e inadequada é a derrubada e posterior queima da vegetação arbustiva, para ampliar a área de utilização com animais. Além de descaracterizar a fisionomia da região, aumenta progressivamente a área de solo descoberto, podendo tornar irreversível a sua recuperação. De modo geral, esses campos requerem o controle das espécies indesejáveis por roçadas periódicas e controle da lotação para evitar sobrepastoreio, permitindo melhor cobertura do solo e, posteriormente, o aumento da capacidade de suporte pela melhoria da fertilidade e mesmo a sobre-semeadura de espécies hibernais, como aveia, azevém, trevo vesiculoso, trevo vermelho ou trevo subterrâneo.</p>

continua

Tabela 11.9.1. Continuação

Região	Descrição do agroecossistema
Litoral e região das grandes lagoas (RS)	Nas áreas próximas ao oceano, ocorrem algumas espécies andropogôneas, típicas de solos arenosos, e outras gramíneas de hábito estolonífero. Um grande número de leguminosas contribuem para aumentar a qualidade destes campos. No litoral continental, a oeste das lagoas, ocorrem campos limpos de relevo plano, com espécies de excelente qualidade, especialmente do gênero <i>Paspalum</i> , sendo freqüentes leguminosas do gênero <i>Desmodium</i> . Na porção sul do Litoral, o sistema de produção predominante é a integração lavoura-pecuária. As culturas de cebola e arroz são importantes para a região e a pecuária mista, de bovinos e ovinos, utiliza as pastagens naturais e terras de "pousio" de arroz. Em geral, o sistema de sucessão arroz/pastagem de inverno possibilita a melhoria na flora nativa de sucessão e propicia uma disponibilidade de forragem de boa qualidade no período outono-inverno-primavera. Como os campos do litoral são de formação geológica recente, a vegetação desenvolve-se sobre uma tênue camada de solo arenoso. Estes campos podem ser melhorados, tanto pela correção e adubação do solo, como pela sobre-semeadura de espécies de inverno.

Adaptado de Nabinger et al. (2000)

Os campos com predominância de espécies de melhor qualidade, como as do gênero *Paspalum*, apresentam boa resposta à melhoria da fertilidade e propiciam produção animal comparável às melhores pastagens cultivadas de verão, com a vantagem de não apresentarem os riscos inerentes à fase de estabelecimento das pastagens. Neste tipo de campo, as respostas à correção do solo e à adubação têm sido economicamente viáveis, desde que as demais práticas de manejo sejam corretamente adotadas.

Calagem

Se os teores de Ca e de Mg forem baixos, aplicar em superfície 1 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 100); para a introdução de espécies melhoradoras da pastagem (gramíneas e leguminosas), aplicar em superfície a quantidade equivalente à dose ½ SMP para pH de referência 5,5 (Tabelas 6.2 e 6.4).

Nitrogênio

O nitrogênio é o principal fator que restringe o potencial produtivo do campo nativo. Para as pastagens naturais, aplicações em cobertura de aproximadamente 100 kg de N/ha, divididas em duas aplicações de 50 kg/ha no início da primavera e no início do verão, embora não atendam ao potencial das boas pastagens, têm apresentado

altas respostas produtivas e econômicas, comparáveis às obtidas com pastagens cultivadas de verão. A eficiência de uso de nitrogênio depende da correção das demais deficiências do solo, principalmente da acidez e do baixo teor de fósforo.

Fósforo e potássio

Para as pastagens naturais, utilizar, no primeiro ano, a metade da dose de fósforo indicada para as consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação fria, com base na análise de solo. A partir do segundo ano, aplicar a dose de reposição de 40 kg de P_2O_5 /ha. Aplicar no início da primavera, em cobertura, juntamente com o nitrogênio.

Quando for aplicado calcário ou em solos com pH maior que 5,2, é recomendada a utilização de fosfatos solúveis. Pode-se utilizar fosfatos naturais reativos em solos com teor de fósforo baixo ou muito baixo, sendo a dose calculada conforme seu teor de P_2O_5 total. A solubilidade destes fosfatos é maior em solos com baixos teores de cálcio e de fósforo e baixo pH.

Se necessário, aplicar também em cobertura, na primavera, a dose de potássio recomendada para gramíneas de estação quente. Em solos com CTC "Baixa", dividir a quantidade total em duas doses, a serem aplicados juntamente com o adubo nitrogenado.

11.10 - PASTAGENS NATURAIS COM INTRODUÇÃO DE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS

O aumento da capacidade de produção de pastagens naturais pode ser obtido com a introdução em sobre-semeadura de espécies de inverno, acompanhada da melhoria da fertilidade do solo pela calagem e pela adubação (Jacques & Nabinger, 2003). Sempre que possível, deve-se incluir espécie(s) leguminosa(s), visando a melhor qualidade e à economia de nitrogênio.

Entre as principais consorciações em sobre-semeadura, incluem-se o azevém+trevo branco+comichão, o azevém+trevo vesiculoso, a aveia+azevém+trevo vesiculoso e o azevém+trevos (branco, vermelho, subterrâneo).

Calagem

Aplicar em superfície a quantidade de calcário equivalente à metade da dose indicada para o pH de referência 5,5 (Tabelas 6.2 e 6.4; ver item 6.4, p. 63). Aplicar corretivo de granulometria fina, em superfície, sem preparo de solo, entre quatro a seis meses antes da adubação. Em solos argilosos, fazer uma gradagem superficial (grade aberta) para incorporação parcial do corretivo.

Nitrogênio

Aplicar 20 kg de N/ha na semeadura e parcelar o restante da dose em duas ou três vezes iguais, aplicando no perfilhamento da(s) gramínea(s) introduzida(s) e após a utilização da pastagem.

No caso de introdução de leguminosas, fazer a inoculação das sementes com rizóbio específico. Aplicar nitrogênio somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar nitrogênio na dose de 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Se forem introduzidas apenas gramíneas, adotar as recomendações de nitrogênio para gramíneas de estação fria (item 11.1).

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	1º ano	1º ano
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	90
Baixo	60	70
Médio	40	50
Alto	20	30
Muito alto	0	0

Para os anos subseqüentes, aplicar 40 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha.

Para a expectativa de rendimento maior do que 8 t/ha (a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

A partir do segundo ano, a reposição de fósforo e de potássio deve ser feita no início do outono.

Quando for utilizado calcário ou em solos com pH maior que 5,2, é recomendada a utilização de fosfatos solúveis. Pode-se utilizar fosfatos naturais reativos em solos com teor de fósforo "Baixo" ou "Muito baixo", sendo a dose estabelecida conforme seu teor de P₂O₅ total. A solubilidade dos fosfatos naturais reativos é maior em solos com baixos teores de cálcio e de fósforo e baixo pH. Porém, nestas condições, o estabelecimento das leguminosas é prejudicado devido à maior acidez do solo.

11.11 - MILHO E SORGO PARA SILAGEM

O milho e o sorgo forrageiro têm sido utilizados para a produção de silagem; para se tornarem economicamente viáveis devem apresentar alta produtividade. O milho deve ter uma população mínima de 60.000 plantas por hectare. O sorgo forrageiro apresenta a vantagem do rebrote, além da alta capacidade produtiva. Em geral, utilizam-se as práticas de manejo para estas culturas quando destinadas a outras finalidades.

Calagem

Utilizar as recomendações de calagem com base no índice SMP para o pH de referência 6,0 (Tabela 6.2), incorporado até 20 cm de profundidade, no caso de cultivo convencional. Se cultivado no sistema plantio direto, ver as recomendações específicas para as culturas nas página 140 e 148.

Nitrogênio

Utilizar as indicações técnicas específicas das culturas de milho ou sorgo quanto à dose, à época e ao modo de aplicação do fertilizante. Para expectativa de rendimentos maiores que 12 t/ha, acrescentar 20 kg de N/ha por tonelada adicional de massa seca produzida.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	kg de P ₂ O ₅ /ha		kg de K ₂ O/ha	
Muito baixo	≥ 180	140	≥ 250	210
Baixo	140	120	200	180
Médio	130	100	160	130
Alto	100	100	130	130
Muito alto	0	≤ 100	0	≤ 130

Para a expectativa de rendimento maior do que 12 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Se o cultivo para produção de silagem for o 1º na seqüência de dois cultivos, utilizar para a cultura subsequente as quantidades de fósforo e de potássio indicadas para o 1º cultivo. Se o cultivo para produção de silagem for o 2º, reamostrar o solo para reavaliar a necessidade de nutrientes para o cultivo subsequente.

HORTALIÇAS

As hortaliças absorvem grandes quantidades de nutrientes em curto período de tempo, por isso são consideradas plantas exigentes em nutrientes disponíveis. Além disso, pelo fato de normalmente ser colhida a planta inteira, são também consideradas plantas esgotantes do solo. A calagem e a adubação são muito importantes para essas culturas.

Calagem

A recomendação de calagem em hortaliças é geralmente feita com base no índice SMP para o pH de referência 6,0. Esta recomendação é justificada pelas práticas culturais normalmente adotadas, como o uso intensivo do solo com várias safras anuais, a irrigação freqüente e o uso de altas doses de adubação mineral e orgânica, principalmente de nitrogênio, que contribuem para um processo mais intenso de reacidificação.

É recomendada a utilização de calcário dolomítico como corretivo devido à grande exigência dos nutrientes Ca e Mg pela maioria das espécies olerícolas.

Como a olericultura é praticada normalmente no sistema convencional de preparo do solo, a prática da calagem também é recomendada no sistema tradicional, isto é, com aplicação homogênea em toda a área e incorporação a 20 cm de profundidade com lavração, seguida de gradagem.

A reaplicação do corretivo deve ser feita quando o pH for menor que 6,0 ou a saturação por bases menor que 80%.

Adubação mineral

A olericultura é a atividade agrícola que oferece as maiores respostas à adubação, tanto em aumentos na produtividade como no valor comercial. A maximização do lucro líquido por hectare cultivado geralmente está muito próxima à maximização da produtividade.

As quantidades de adubos são recomendadas por unidade de superfície, isto é, em kg/ha, considerando sempre a área efetivamente ocupada pelas plantas. Para transformar a recomendação em kg/ha para g/m², basta dividir os valores das tabelas de recomendação por 10.

Exemplo: 240 kg de P₂O₅/ha/10 = 24 g de P₂O₅/m².

A expressão em g/m² é mais usada em sistemas já encanteirados, onde a adubação é feita somente na área superficial dos canteiros, sem considerar os caminhos.

Na olericultura, é comum o sistema de plantio em camalhões onde a adubação é feita em sulcos, antes da confecção dos camalhões. Nesse caso, é usual transformar a recomendação de kg/ha em g/m linear, adotando a seguinte fórmula:

$$\text{g/m linear de sulco} = (Q \times e)/10$$

em que:

Q = Quantidade de adubo em kg/ha; e, **e** = espaçamento entre camalhões, em m.

Escolha dos adubos minerais

Na olericultura, devido ao ciclo curto da maioria das espécies, devem ser utilizados adubos simples ou formulados, solúveis em água. A utilização de fosfatos naturais não é recomendada. Normalmente, as áreas destinadas à olericultura já possuem alta concentração de cálcio e de fósforo e, nessas condições, a solubilização desses fosfatos é muito lenta, comprometendo a sua eficiência agronômica.

Deve-se evitar a alta salinidade na adubação de hortaliças, principalmente na utilização de adubos potássicos e nitrogenados. A aplicação em mistura com o solo pode ser feita vários dias antes do plantio e a irrigação pode remover parte dos sais do ambiente radicular. Para minimizar esse problema, é preferível aplicar parte do nitrogênio em cobertura. O potássio também pode ser aplicado parcialmente em cobertura, juntamente com o nitrogênio, principalmente em solos arenosos e ou com baixa CTC.

Para aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio em cobertura, este pode ser dissolvido e aplicado na água de irrigação, principalmente no sistema de irrigação por gotejamento.

Macronutrientes secundários

A disponibilidade de Ca e de Mg deve ser adequada mantendo-se o pH em aproximadamente 6,0, e/ou a saturação da $CTC_{pH\ 7,0}$ por bases maior que 80% .

O enxofre deve ser monitorado, porque a utilização de formulações concentradas de N-P-K, geralmente com baixo teor de enxofre, pode não suprir adequadamente esse nutriente para as olerícolas, principalmente para as brassicáceas, que são mais exigentes. O uso de adubos que contêm enxofre (superfosfato simples, por exemplo) e o monitoramento do enxofre pela análise de solo são importantes na olericultura.

Micronutrientes e adubação foliar

Os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas. No entanto, em alguns casos, podem afetar a produtividade de hortaliças. A couve-flor e outras brassicáceas necessitam de quantidades maiores de boro e de molibdênio do que a maioria das hortaliças. O tomate, o alho, a beterraba e a cenoura também necessitam de maiores quantidades destes dois nutrientes. Para alguns solos pode ser necessária a aplicação de cobre e de zinco. Em geral, as fórmulas N-P-K não contêm esses nutrientes. A aplicação via foliar (uma ou duas aplicações) normalmente supre as necessidades das plantas. Deve ser observada, no entanto, a solubilidade do produto e a sua mobilidade na planta. Os adubos foliares e as concentrações normalmente indicadas são apresentados no Capítulo 19.

Adubação orgânica

O uso de resíduos orgânicos, principalmente de origem animal, é prática comum em olericultura, seja devido à sua função como condicionador do solo ou como fornecedor de nutrientes. Os adubos orgânicos constituem fonte de macro e de micronutrientes, com uma pequena fração em formas solúveis em água.

O adubo orgânico mais recomendado é o esterco bovino (esterco de curral), o qual deve ser utilizado em doses elevadas (40 a 80 t/ha), devido à sua baixa concentração em nutrientes e alta relação C/N.

A cama de aves, que apresenta maiores teores de nutrientes, deve ser utilizada em doses que variam de 6 a 12 t/ha. A utilização simultânea das adubações orgânica e mineral deve ser calculada conforme o item 9.4.

A utilização continuada de esterco de poedeiras deve ser evitada para que não ocorra aumento excessivo do pH do solo.

A maior eficiência dos adubos orgânicos é obtida pela aplicação a lanço e

incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. Dependendo do espaçamento da cultura, os adubos orgânicos podem ser também utilizados em faixas, covas ou em sulcos, antes da confecção dos camalhões.

Quando os resíduos orgânicos são aplicados com muita frequência, deve-se monitorar os índices de salinidade, devido à possibilidade de acumulação excessiva de sais.

A utilização de plantas de cobertura, principalmente de espécies leguminosas e sua posterior incorporação ou manutenção na superfície do solo, é uma prática ainda não difundida na olericultura. A sua adoção, em áreas de pousio ou mesmo em sistemas de rotação, deve ser estimulada devido aos seus grandes benefícios na atividade microbiana, fixação biológica de nitrogênio e melhoria das condições físicas do solo.

Determinação de fósforo por resina

Caso tenham sido utilizados fosfatos naturais nos últimos dois anos, recomenda-se fazer a determinação de fósforo disponível pelo método da resina de troca iônica (em lâminas). A interpretação de teores é feita conforme a Tabela 5.4 e as recomendações conforme as tabelas para as diferentes culturas.

12.1 - ABÓBORA E MORANGA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 25

Aplicar a metade do N na semeadura e o restante em cobertura, 30 dias mais tarde.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	240	170
Baixo	180	130
Médio	140	90
Alto	100	60
Muito alto	≤ 80	≤ 60

Nos cultivos subsequentes, aplicar 100 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de abóbora e de moranga⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	- - - % - - -
N	3,0 - 4,0
P	0,4 - 0,6
K	2,5 - 4,5
Ca	2,5 - 4,5
Mg	0,5 - 1,0
S	0,2 - 0,3
	- - mg/kg - -
B	25 - 60
Cu	10 - 25
Fe	60 - 200
Mn	50 - 250
Mo	0,5 - 0,8
Zn	5 - 100

⁽¹⁾ Coletar a 9ª folha a partir da ponta em 15 plantas, no início da frutificação.

12.2 - ALCACHOFRA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). É recomendada uma saturação por bases maior que 80% e um teor de Mg maior que 1,0 cmol_c/dm³.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180 - 240
2,6 - 5,0	120 - 180
> 5,0	≤ 80 - 120

Aplicar 40 kg de N/ha no plantio e o restante em duas vezes, sendo a primeira no início do aparecimento das cabeças e a outra 30 dias após.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	180	280
Baixo	140	210
Médio	120	150
Alto	100	120
Muito alto	≤ 80	≤ 90

Nos cultivos subsequentes, aplicar 100 kg de P₂O₅/ha e 120 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados nas folhas de alcachofra ⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	----- % -----
N	2,5 - 3,5
P	0,4 - 0,5
K	2,5 - 4,0
Ca	2,0 - 2,5
Mg	0,5 - 1,5
S	-
	--- mg/kg ---
B	40 - 80
Cu	10 - 20
Fe	60 - 200
Mn	50 - 250
Mo	0,5 - 1,0
Zn	25 - 60

⁽¹⁾ Coletar folhas bem desenvolvidas de 15 plantas, 180 dias após a brotação.

12.3 - ALFACE, CHICÓRIA, ALMEIRÃO E RÚCULA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). É recomendada uma saturação por bases maior que 80% e um teor de Mg maior que 1,0 cmol_c/dm³.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	150 - 200
2,6 - 5,0	100
> 5,0	≤ 80

Aplicar ¼ da dose de N no transplante, ¼ aos 15 dias, ¼ aos 30 dias e o restante duas semanas mais tarde. Aplicar 15 kg de N/ha após cada corte de almeirão e rúcula (colheita).

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	200	240
Baixo	140	200
Médio	100	160
Alto	70	120
Muito alto	≤ 40	≤ 90

Nos cultivos subsequentes, aplicar 70 kg de P₂O₅/ha e 120 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de alface e de chicória ⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	----- % -----
N	3,0 - 5,0
P	0,4 - 0,7
K	5,0 - 8,0
Ca	1,5 - 2,5
Mg	0,4 - 0,6
S	0,15 - 0,25
	--- mg/kg ---
B	30 - 60
Cu	7 - 20
Fe	50 - 150
Mn	30 - 150
Mo	0,8 - 1,4
Zn	30 - 100

⁽¹⁾Coletar folhas recém-desenvolvidas de 15 plantas entre a metade e 2/3 do ciclo de crescimento.

12.4 - ALHO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Expectativa de rendimento de bulbos curados (t/ha)		
	6 a 8	9 a 11	12 a 15
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	150	225	300
2,6 - 5,0	135	210	270
> 5,0	≤ 120	≤ 180	≤ 255

Aplicar 1/3 da dose de N no plantio, 1/3 entre 30 e 60 dias após o plantio e 1/3 entre 10 e 15 dias após a diferenciação dos bulbos. A última aplicação dependerá do vigor das plantas, precipitação, irrigação, peso do bulbilho, espaçamento, época de plantio, vernalização, ocorrência de bacteriose, etc.

O uso de nitrogênio em excesso pode causar bacterioses e o super bulbilhamento. Pode-se fazer de 2 a 4 aplicações de N via foliar utilizando-se uréia ou outras fontes solúveis, na dosagem de 2 kg de N por 100 L de água em intervalos de 1 a 2 semanas, evitando-se a aplicar na época de diferenciação dos bulbos.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Expectativa de rendimento de bulbos curados (t/ha)					
	Fósforo			Potássio		
	6 a 8	9 a 11	12 a 15	6 a 8	9 a 11	12 a 15
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----			----- kg de K ₂ O/ha -----		
Muito baixo ⁽¹⁾	300	450	600	300	450	600
Baixo	250	380	500	240	360	480
Médio	200	300	400	180	270	360
Alto	150	250	300	120	180	240
Muito alto	≤130	≤ 220	≤ 260	≤ 100	≤ 150	≤ 200

Nos cultivos subsequentes, aplicar para 6 a 8 t/ha = 60 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha; para 9 a 11 t/ha = 80 kg de P₂O₅/ha e 120 kg de K₂O/ha; e para 12 a 15 t/ha = 100 kg de P₂O₅/ha e 140 kg de K₂O/ha.

Micronutrientes (zinco e boro) para aplicação no plantio

Interpretação do teor no solo ⁽¹⁾	Expectativa de rendimento de bulbos curados (t/ha)					
	6 a 8		9 a 11		12 a 15	
	Zn	B	Zn	B	Zn	B
	----- kg/ha -----					
Baixo	9	0,6	12	0,8	15	1,0
Médio	6	0,4	9	0,6	12	0,8
Alto	3	0,0	6	0,4	9	0,6

⁽¹⁾ Ver Tabela 5.7, p. 53.

Quando necessário, pode-se aplicar sulfato de zinco a 0,5% e/ou bórax (borato de sódio) a 0,2% para suprir eventuais deficiências de Zn e de B, fazendo-se quatro a seis aplicações em intervalos de uma a duas semanas.

Adubação orgânica

A cama de aves é o adubo mais utilizado. Aplicar o adubo com base na sua concentração em nutrientes e no índice de eficiência, subtraindo da adubação mineral a quantidade de nutrientes fornecida pelo resíduo orgânico (item 9.4).

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de alho⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	2,5 - 4,0	B	30 - 60
P	0,3 - 0,5	Cu	25 - 50
K	3,5 - 5,0	Fe	130 - 250
Ca	0,6 - 1,2	Mn	30 - 100
Mg	0,2 - 0,4	Mo	-
S	0,4 - 0,6	Zn	50 - 80

⁽¹⁾ Coletar 50 folhas (4ª folha mais jovem), na diferenciação dos bulbilhos.

12.5 - ASPARGO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio ⁽¹⁾

Teor de matéria orgânica no solo	Instalação	Formação	Manutenção
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	100	100	60
2,6 - 5,0	100	100	60
> 5,0	≤ 100	≤ 100	≤ 60

⁽¹⁾ Quando o teor de matéria orgânica do solo for maior que 5,0, as quantidades de N a aplicar podem ser reduzidas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo			Potássio		
	Pré-plantio	Formação	Manutenção	Pré-plantio	Formação	Manutenção
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----			----- kg de K ₂ O/ha -----		
Muito baixo	300	0	120	220	150	180
Baixo	250	0	120	190	150	180
Médio	210	0	120	150	150	180
Alto	150	0	120	110	150	180
Muito alto	≤ 130	0	≤ 120	≤ 90	≤ 150	≤ 180

Observações referentes à adubação

Adubação de pré-plantio: as doses de fósforo e de potássio podem ser parceladas, aplicando-se a metade uniformemente em toda a área, e incorporando-se por aração. O restante deve ser aplicado no fundo das valetas, no plantio.

Na instalação do aspargal: aplicar a metade do N no plantio, no fundo das valetas, e o restante em cobertura, ao lado das plantas, em novembro-dezembro.

Quando for utilizado esterco, não adicionar N no plantio, aplicando-se apenas a metade da dose em cobertura, na data indicada.

Formação do aspargal: este período corresponde aos dois primeiros anos, antes da fase produtiva. Aplicar a metade das doses de N e de K em agosto-setembro e o restante em novembro-dezembro, distribuindo o fertilizante em faixas, nos dois lados das linhas de plantas.

Manutenção: refere-se ao terceiro e ao quarto anos. Também nesse caso, dividir a dose em duas parcelas e aplicar uma antes da confecção dos camalhões e outra no término da colheita.

Análise de solo: Coletar, no 5º ano, outra amostra de solo para análise, reavaliando-se a necessidade de correção da fertilidade. Utilizar, nesse caso, as indicações de doses referentes à "adubação de pré-plantio". A incorporação dos nutrientes deve ser feita a uma profundidade mínima de 10 cm, no período de dormência. Deve-se evitar arações profundas para não prejudicar o sistema radicular da cultura. Aplicar, do 6º ano em diante, as doses de NPK indicadas para a manutenção. É indicada a aplicação de esterco, no mínimo, de dois em dois anos.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de aspargo⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	--- % ---		-- mg/kg --
N	3,0 - 5,0	B	50 - 120
P	0,3 - 0,6	Cu	7 - 20
K	2,0 - 4,0	Fe	50 - 300
Ca	1,0 - 2,0	Mn	50 - 250
Mg	0,3 - 0,7	Mo	-
S	0,2 - 0,4	Zn	20 - 100

⁽¹⁾ Coletar a folha superior recém-desenvolvida de 15 plantas.

12.6 - BETERRABA E CENOURA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 50

Aplicar 1/3 da dose de N na semeadura e parcelar o restante em duas vezes: aproximadamente 30 e 45 dias após o plantio, dependendo das condições locais.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	240	240
Baixo	200	180
Médio	150	140
Alto	100	100
Muito alto	≤ 80	≤ 80

Nos cultivos subsequentes, aplicar 100 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de cenoura e de beterraba⁽¹⁾

Nutriente	Cultura	
	Cenoura	Beterraba
	----- % -----	
N	2,0 - 3,0	3,0 - 5,0
P	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6
K	4,0 - 6,0	2,0 - 4,0
Ca	2,5 - 3,5	2,5 - 3,5
Mg	0,4 - 0,7	0,3 - 0,8
S	0,4 - 0,8	0,2 - 0,4
	----- mg/kg -----	
B	30 - 80	40 - 80
Cu	5 - 15	5 - 15
Fe	60 - 300	70 - 200
Mn	60 - 200	70 - 200
Mo	0,5 - 1,5	-
Zn	25 - 100	20 - 100

⁽¹⁾ Para a beterraba, coletar folhas desenvolvidas de 15 plantas. Para a cenoura, coletar folhas desenvolvidas de 15 plantas, entre a metade e 2/3 do ciclo.

12.7 - BRÓCOLO E COUVE-FLOR

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	240
2,6 - 5,0	200
> 5,0	≤ 150

Aplicar $\frac{1}{4}$ da dose de N no plantio e o restante em cobertura: $\frac{1}{4}$ após o pegamento, $\frac{1}{4}$ vinte dias após e $\frac{1}{4}$ no início da formação da cabeça.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	450	400
Baixo	350	340
Médio	260	280
Alto	180	220
Muito alto	≤ 120	≤ 160

Nos cultivos subseqüentes, aplicar 180 kg de P₂O₅/ha e 220 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de brócolo e couve-flor⁽¹⁾

Nutriente	Cultura	
	Brócolo	Couve-flor
	----- % -----	
N	3,0 - 5,5	4,0 - 6,0
P	0,3 - 0,8	0,4 - 0,8
K	2,0 - 4,0	2,5 - 5,0
Ca	1,2 - 2,5	2,0 - 3,5
Mg	2,5 - 6,0	2,5 - 5,0
S	0,3 - 0,8	0,3 - 0,8
	----- mg/kg -----	
B	30 - 100	30 - 80
Cu	5 - 15	4 - 15
Fe	70 - 300	30 - 200
Mn	25 - 200	25 - 250
Mo	-	0,5 - 0,8
Zn	35 - 200	20 - 250

⁽¹⁾ Coletar folhas recém-desenvolvidas de 15 plantas, na formação da cabeça.

12.8 - CEBOLA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	95
2,6 - 5,0	75
> 5,0	≤ 55

A adubação com nitrogênio poderá ser parcelada, aplicando-se a metade no transplante das mudas e o restante 45 dias mais tarde. Para as microrregiões do Alto Vale do Itajaí e Colonial Serrana (SC), em solos com teores altos e médios de matéria orgânica, é indicada a utilização de 10 kg de N/ha no transplante. Aplicações adicionais de nitrogênio em cobertura (20 kg de N/ha) devem ser efetuadas somente quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência ou quando ocorrerem temperaturas baixas e/ou chuvas de alta intensidade.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	250	210
Baixo	200	170
Médio	160	130
Alto	120	90
Muito alto	≤ 80	≤ 60

Nos cultivos subsequentes, aplicar 120 kg de P₂O₅/ha e 90 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de cebola⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	2,5 - 3,5	B	30 - 50
P	0,2 - 0,4	Cu	10 - 30
K	3,0 - 5,0	Fe	60 - 300
Ca	1,5 - 3,0	Mn	50 - 200
Mg	0,3 - 0,5	Mo	-
S	0,5 - 0,8	Zn	30 - 100

⁽¹⁾ Coletar a folha madura mais jovem, em 20 plantas, na metade do ciclo de crescimento.

12.9 - ERVILHA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

A adubação nitrogenada não é recomendada, considerando-se a eficiência das estirpes de rizóbio disponíveis, sendo necessária, no entanto, a inoculação adequada.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	220	210
Baixo	170	170
Médio	130	130
Alto	100	90
Muito alto	≤ 80	≤ 60

Nos cultivos subseqüentes, aplicar 100 kg de P₂O₅/ha e 90 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de ervilha⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	--- % ---		-- mg/kg --
N	4,0 - 6,0	B	25 - 60
P	0,3 - 0,8	Cu	7 - 25
K	2,0 - 3,5	Fe	50 - 300
Ca	1,2 - 2,0	Mn	30 - 400
Mg	0,3 - 0,7	Mo	0,6 - 1,0
S	-	Zn	25 - 100

⁽¹⁾ Coletar 50 folíolos de plantas recém-desenvolvidas, no florescimento.

12.10 - MELANCIA E MELÃO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 50

Aplicar a metade da dose de N na semeadura e o restante em cobertura, 30 dias mais tarde.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	240	270
Baixo	180	230
Médio	140	190
Alto	100	150
Muito alto	≤ 80	≤ 120

Nos cultivos subsequentes, aplicar 100 kg de P₂O₅/ha e 150 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de melancia e de melão⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	- - - % - - -
N	2,5 - 5,0
P	0,3 - 0,7
K	2,5 - 4,0
Ca	2,5 - 5,0
Mg	0,5 - 1,2
S	0,2 - 0,3
	- - mg/kg - -
B	30 - 80
Cu	10 - 15
Fe	50 - 300
Mn	50 - 250
Mo	-
Zn	20-100

⁽¹⁾ Coletar a 5ª folha a partir da ponta (excluindo o tufo apical) de 15 plantas, entre a metade e 2/3 do ciclo.

12.11 - PEPINO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Sistema p/conserva	Sistema partenocárpico
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	80 - 120	200 - 240
2,6 - 5,0	60 - 80	160 - 200
> 5,0	40 - 60	140 - 160

Sistema de produção para conserva: aplicar a metade da dose recomendada de N na semeadura e o restante em cobertura, por ocasião da emissão das guias.

Sistema partenocárpico, tutorado, com irrigação: aplicar ¼ na semeadura e o restante em cobertura, a partir da emissão das guias, em intervalos de 15 dias.

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo		Potássio	
	p/Conserva	Partenocárpico	p/Conserva	Partenocárpico
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----		----- kg de K ₂ O/ha -----	
Muito baixo	250	500	220	400
Baixo	200	420	180	350
Médio	150	340	140	300
Alto	120	260	100	200
Muito alto	≤ 100	≤ 180	≤ 80	≤ 160

Nos cultivos subsequentes, aplicar para o pepino tipo conserva, 120 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha; para o pepino partenocárpico em sistema tutorado, com irrigação, aplicar 260 kg de P₂O₅/ha e 200 kg de K₂O/ha.

Adubação orgânica

Aplicar de 40 a 60 t/ha de esterco bovino curtido (base úmida) ou de 6 a 10 t/ha de cama de aves em faixas de 0,60 a 0,80m de largura, antes da confecção dos camalhões, juntamente com a adubação mineral, com base na área superficial efetivamente utilizada.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de pepino⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	--- % ---		-- mg/kg --
N	4,5 - 6,0	B	50 - 120
P	0,3 - 1,2	Cu	7 - 20
K	3,5 - 5,0	Fe	50 - 300
Ca	1,5 - 3,5	Mn	50 - 250
Mg	0,3 - 1,0	Mo	0,8 - 1,3
S	0,4 - 0,7	Zn	25 - 100

⁽¹⁾ Coletar a 5ª folha a partir da ponta (excluindo o tufo apical) de 25 plantas, no início do florescimento.

12.12 - PIMENTÃO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	110
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 50

Aplicar, no transplante, aproximadamente 20 kg de N/ha e parcelar o restante em duas vezes, aos 20 e aos 40 dias dessa data.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	240	270
Baixo	180	230
Médio	140	190
Alto	100	150
Muito alto	≤ 80	≤ 80

Nos cultivos subseqüentes, adicionar 100 kg de P₂O₅/ha e 150 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de pimentão⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	- - - % - - -
N	3,0 - 6,0
P	0,3 - 0,7
K	4,0 - 6,0
Ca	1,0 - 3,5
Mg	0,3 - 1,2
S	-
	- - mg/kg - -
B	30 - 100
Cu	8 - 12
Fe	50 - 300
Mn	30 - 250
Mo	-
Zn	30 - 100

¹⁾ Coletar folhas recém-desenvolvidas de 25 plantas no período do florescimento à metade do ciclo.

Com utilização de maior tecnologia, incluindo irrigação, podem ser aplicadas doses mais elevadas de nutrientes do que as indicadas. A adubação potássica pode ser parcelada, sendo parte aplicada juntamente com o nitrogênio em cobertura.

12.13 - RABANETE

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	40
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 40

Aplicar todo o N no plantio. Em solos com teor de matéria orgânica maior que 5,0%, a adubação nitrogenada pode ser diminuída.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	240	210
Baixo	180	170
Médio	140	130
Alto	110	90
Muito alto	≤ 90	≤ 60

Nos cultivos subsequentes, aplicar 110 kg de P₂O₅/ha e 90 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de rabanete⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	--- % ---
N	3,0 - 6,0
P	0,3 - 0,7
K	4,0 - 6,0
Ca	3,0 - 4,5
Mg	0,5 - 1,2
S	-
	-- mg/kg --
B	25 - 125
Cu	5 - 25
Fe	50 - 200
Mn	30 - 250
Mo	-
Zn	20 - 250

⁽¹⁾ Coletar folhas recém-desenvolvidas de 30 plantas.

14.14 - REPOLHO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180
2,6 - 5,0	140
> 5,0	≤ 100

Aplicar 1/4 da dose de N no plantio e o restante em cobertura: 1/4 após o pegamento, 1/4 vinte dias após e 1/4 no início da formação da cabeça.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	340	360
Baixo	280	300
Médio	220	240
Alto	160	180
Muito alto	≤ 120	≤ 120

Nos cultivos subsequentes, aplicar 160 kg de P₂O₅/ha e 180 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de repolho⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	- - - % - - -
N	3,5 - 5,0
P	0,4 - 0,7
K	3,0 - 5,0
Ca	1,5 - 3,0
Mg	0,4 - 0,7
S	0,3 - 0,7
	- - mg/kg - -
B	25 - 75
Cu	8 - 20
Fe	40 - 200
Mn	35 - 200
Mo	0,5 - 0,8
Zn	30 - 100

⁽¹⁾ Coletar folhas recém-desenvolvidas de 15 plantas, na formação da cabeça.

Micronutrientes

É indicada a aplicação de 3 g de molibdato de amônio/m² e 2 g de bórax/m² na sementeira e no canteiro definitivo, dependendo do desenvolvimento da cultura. Pode-se usar também a adubação foliar em duas aplicações de ácido bórico (2 g/L) e de molibdato de amônio (1 g/L).

12.15 - TOMATEIRO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). De preferência, utilizar corretivos com a relação Ca/Mg entre 3:1 e 5:1, para aumentar a absorção de cálcio.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio para a expectativa de rendimento (t/ha)		
	50	75	100
%	----- kg de N/ha -----		
Qualquer teor	50	100	150

Aplicar 2/3 da dose de N (junto com o P e o K) no sulco, aproximadamente duas semanas antes do plantio e o restante 15 a 20 dias após o transplante das mudas (amontoa). Para teores de matéria orgânica maiores que 5,0 as doses podem ser diminuídas.

Fósforo (pré-plantio e amontoa)

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo para a expectativa de rendimento (t/ha)		
	50	75	100
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----		
Muito baixo	450	600	750
Baixo	300	450	600
Médio	250	300	450
Alto	200	250	300
Muito alto	≤ 180	≤ 230	≤ 250

Nos cultivos subsequentes, aplicar para 50 t/ha = 200 kg de P₂O₅/ha; para 75 t/ha = 250 kg de P₂O₅/ha; e para 100 t/ha = 300 kg de P₂O₅/ha.

Potássio (pré-plantio e amontoa)

Interpretação do teor de K no solo	Potássio para a expectativa de rendimento (t/ha)		
	50	75	100
	----- kg de K ₂ O ₅ /ha -----		
Muito baixo	225	300	375
Baixo	150	225	300
Médio	120	150	225
Alto	100	120	150
Muito alto	≤ 80	≤ 100	≤ 125

Nos cultivos subsequentes, aplicar para 50 t/ha = 100 kg de K₂O/ha; para 75 t/ha = 120 kg de K₂O/ha; e para 100 t/ha = 150 kg de K₂O/ha.

Aplicar 2/3 das doses de fósforo e de potássio (junto com o nitrogênio) no sulco, a aproximadamente duas semanas antes do plantio e o restante 15 a 20 dias após o transplante das mudas (amontoa).

Juntamente com a adubação de base, aplicar 30 kg de bórax/ha (3 g por metro linear de sulco considerando o espaçamento de 1 metro entre sulcos) e até 10 t de cama de aves/ha (1 kg por metro linear de sulco). A cama de aves é o produto orgânico mais utilizado, devendo ser aplicada a aproximadamente duas semanas antes do transplante das mudas, juntamente com a adubação mineral de base. Nesse caso, deve-se subtrair da adubação mineral de base a quantidade de nutrientes fornecida pelo resíduo orgânico (item 9.4).

Nitrogênio e potássio em cobertura

Teor de matéria orgânica no solo	Expectativa de rendimento	Intervalo	Nº de aplicações	N por aplicação	K ₂ O por aplicação
%	t/ha	dias		----- kg/ha -----	
≤ 2,5	50	20	5	30	30
	75	15	7	30	30
	100	10	10	30	30
2,6 – 5,0	50	20	5	20	30
	75	15	7	20	30
	100	10	10	20	30
> 5,0	50	20	5	10	30
	75	15	7	10	30
	100	10	10	10	30

Na adubação em cobertura, aplicam-se N e K a intervalos regulares, em adição à adubação de base, conforme a tabela acima, dependendo da produção e do teor de MO do solo. Deve-se ajustar a adubação nitrogenada de cobertura considerando também o vigor das plantas. O excesso de vigor predispõe a cultura ao ataque de doenças, especialmente bacterioses. Aplicar os adubos na lateral do sulco umedecido, após a irrigação. Altas produtividades requerem aplicações a intervalos menores. O fornecimento regular de água, para suprir as necessidades da cultura, aumenta o aproveitamento dos adubos e evita a ocorrência de distúrbios fisiológicos como a podridão apical.

Fertirrigação

Os fertilizantes da adubação de cobertura podem ser dissolvidos na água de irrigação, preferencialmente pelo sistema de gotejamento. Dessa forma, pode-se fazer o uso mais racional da água e o melhor aproveitamento dos adubos, podendo-se até reduzir a quantidade total de adubo aplicada. Considerando que as irrigações por gotejamento são feitas até duas vezes por dia, é possível fazer as adubações em pequenas doses e com maior frequência, o que melhora a eficiência da adubação.

Com base na curva de absorção dos nutrientes, aplicar 25% da dose nas primeiras cinco semanas, 50% entre a sexta e a décima semanas e 25% nas últimas cinco semanas.

Utilizar sempre adubos solúveis em água e filtrar a solução antes da entrada nos tubos gotejadores, para evitar entupimentos (ver Capítulos 8 e 19). Nitrato de amônio ou a fórmula 30-00-02, nitrato de cálcio especial, nitrato de potássio, sulfato de potássio, ou fertilizantes com formulação própria para fertirrigação, são fontes que podem ser usadas, isoladas ou em combinação, para atender às necessidades específicas de cada lavoura. Embora seja possível aplicar fósforo por gotejamento, normalmente este nutriente é aplicado na adubação de base, junto com a adubação orgânica, como no sistema convencional.

Para o sistema de plantio direto de tomate, recomenda-se também aplicar parte do fósforo na adubação de base, no sulco de plantio, e o restante em fertirrigação. As fontes de fósforo mais comuns são o MAP, o DAP e o ácido fosfórico ou fertilizantes formulados para fertirrigação.

Assim como para o sistema convencional, deve-se controlar a adubação nitrogenada para evitar o excesso de vigor, que pode favorecer a incidência de bacterioses e outras doenças.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de tomateiro⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	--- % ---		-- mg/kg --
N	4,0 - 6,0	B	30 - 100
P	0,4 - 0,8	Cu	5 - 15
K	3,0 - 5,0	Fe	100 - 300
Ca	1,4 - 4,0	Mn	50 - 250
Mg	0,4 - 0,8	Mo	0,5 - 0,8
S	0,3 - 1,0	Zn	30 - 100

⁽¹⁾ Coletar a terceira folha (com pecíolo) a partir da ponta, de 25 plantas, por ocasião do 1º fruto maduro.

TUBÉRCULOS E RAÍZES

Neste capítulo, são apresentadas as indicações de adubação para as espécies cujo produto comercial são tubérculos ou raízes. Incluem-se neste grupo a batata, a batata-doce e a mandioca. As tuberosas, especialmente a batata, são culturas de produção elevada por unidade de área, com alta taxa de crescimento e com ciclo relativamente curto. Por esta razão, necessitam de grande disponibilidade de nutrientes no início do desenvolvimento. Devido à necessidade de mobilização do solo para os cultivos, requerem práticas especiais de conservação do solo.

13.1 - BATATA-DOCE

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Aplicar 10 kg de N/ha no plantio e o restante em cobertura, aproximadamente aos 30 dias após a brotação, quando utilizada a batata, ou 30 dias após o transplante, quando utilizadas mudas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	50	220
Baixo	50	180
Médio	50	120
Alto	50	80
Muito alto	≤ 50	≤ 60

Nos cultivos subsequentes, aplicar 50 kg de P₂O₅/ha e 80 kg de K₂O/ha.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de batata-doce⁽¹⁾

Nutriente	Faixa
	- - - % - - -
N	3,3 - 4,5
P	0,2 - 0,5
K	3,1 - 4,5
Ca	0,7 - 1,2
Mg	0,3 - 1,2
S	0,4 - 0,7
	- - mg/kg - -
B	25 - 75
Cu	10 - 20
Fe	40 - 100
Mn	40 - 250
Mo	-
Zn	20 - 50

⁽¹⁾ Coletar folhas mais novas, mas totalmente desenvolvidas, de 15 plantas, a 60 dias após o plantio.

13.2 - BATATA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Expectativa de rendimento (t/ha)	
	≤ 20	> 20
%	- - - kg de N/ha - - -	
≤ 2,5	120	160
2,6 - 5,0	100	140
> 5,0	≤ 80	≤ 120

Aplicar a metade da quantidade de N no plantio e o restante, a aproximadamente 30 dias após a emergência.

Na safrinha (fevereiro-março), em variedades precoces ou quando se pretende antecipar a colheita, diminuir a dose de N em 10 a 20%. Aplicar o nitrogênio em cobertura após o início da tuberização. Na produção de batata semente reduzir a dose de N em 20%.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Expectativa de rendimento (t/ha)			
	Fósforo		Potássio	
	≤ 20	> 20	≤ 20	> 20
	- - - kg de P ₂ O ₅ /ha - - -		- - - kg de K ₂ O/ha - - -	
Muito baixo	280	360	180	220
Baixo	220	280	160	180
Médio	160	200	140	160
Alto	120	140	120	140
Muito alto	≤ 80	≤ 100	≤ 120	≤ 140

Nos cultivos subseqüentes, aplicar 120 ou 140 kg de P₂O₅/ha e 120 ou 140 kg de K₂O/ha, conforme a expectativa de rendimento.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de batata⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	4,0 - 5,0	B	25 - 50
P	0,2 - 0,5	Cu	7 - 20
K	4,0 - 6,5	Fe	50 - 100
Ca	1,0 - 2,0	Mn	30 - 250
Mg	0,3 - 0,5	Mo	-
S	0,4 - 0,5	Zn	20 - 60

⁽¹⁾ Coletar a 4ª folha a partir da ponta de 15 plantas, na época do florescimento.

Manejo com irrigação e produção de batata semente

Sob irrigação e na produção de batata-semente, aumentar em 20% as quantidades recomendadas de P₂O₅ e de K₂O. Evitar o contato direto do tubérculo-semente com o adubo.

Micronutrientes

Aplicar 15 a 20 kg de bórax por hectare, principalmente em solos arenosos e/ou com teores de matéria orgânica menores do que 2,5%.

13.3 - MANDIOCA

Calagem

A calagem não é indicada para a correção da acidez do solo na cultura da mandioca. Entretanto, quando o teor de cálcio ou de magnésio trocáveis for menor que 2,0 ou 0,5 cmol_c/dm³, respectivamente, aplicar uma tonelada de calcário dolomítico por hectare por ocasião do preparo do solo, para suprimento desses nutrientes.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Classe textural	
	1-2-3	4
%	- - kg de N/ha - -	
≤1,2	50	80
1,3 - 2,5	50	40
>2,5	≤ 20	≤ 20

Para solos com teores de matéria orgânica maiores que 2,5%, observar as informações locais referentes ao comportamento da cultura em anos anteriores (produtividade, desenvolvimento vegetativo, cultivar, etc.), para indicar a adubação nitrogenada de cobertura. A cobertura deve ser aplicada, quando necessária, aos 45 dias após o plantio, coincidindo com uma

capina. O parcelamento da adubação nitrogenada poderá ser importante em solos arenosos e com teores de matéria orgânica menores do que 1,2%.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo	Potássio	
		Classe textural	
		1-2-3	4
	kg de P ₂ O ₅ /ha	- - - - - kg de K ₂ O/ha - - - - -	
Muito baixo	30	40	60
Baixo	30	40	60
Médio	30	20	40
Alto	30	≤ 20	≤ 40
Muito alto	< 30	0	0

Nos cultivos subsequentes, aplicar 30 kg de P₂O₅/ha e 20 a 40 kg de K₂O/ha.

Manejo da adubação

Nos solos das classes texturais 1, 2 e 3, a adubação de plantio deve ser feita no sulco e incorporada ao solo, com antecedência, para evitar a queima das manivas. Nos solos da classe 4, aplicar os adubos fosfatado, potássico e 50% do nitrogenado aos 45 dias após o plantio, por ocasião da primeira capina. O restante do nitrogênio deve ser aplicado por ocasião da segunda capina, a aproximadamente 75 dias após o plantio.

Devido às baixas quantidades de fósforo e de potássio recomendadas para a cultura, o efeito residual esperado será mínimo. Utilizar a coluna "1º cultivo" para a cultura seguinte à mandioca, quando esta for o primeiro cultivo na seqüência.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de mandioca⁽¹⁾

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	4,0 - 5,0	B	25 - 50
P	0,2 - 0,5	Cu	7 - 20
K	4,0 - 6,5	Fe	50 - 100
Ca	1,0 - 2,0	Mn	30 - 250
Mg	0,3 - 0,5	Mo	-
S	0,2 - 0,5	Zn	20 - 60

⁽¹⁾ Coletar o limbo (foliolo) de 30 plantas mais jovens totalmente desenvolvidas a três ou quatro meses após o plantio.

FRUTÍFERAS

Os empreendimentos comerciais de espécies frutíferas requerem grandes somas de recursos por área. A fase de implantação dos pomares é essencial para o sucesso das futuras colheitas. Os cuidados com a correção da acidez e a adequada fertilização do solo são as primeiras atividades a serem executadas na área. Descuidos nesta fase serão difíceis de serem remediados, devido à dificuldade de movimentação posterior do solo.

A profundidade e perenidade do sistema radicular das plantas requerem a correção e a fertilização do solo até, pelo menos, 40 cm, o que em muitos casos é difícil de executar por diversos motivos, como a não disponibilidade de máquinas, a declividade excessiva do terreno, a pedregosidade, etc. É sempre recomendável, entretanto, a correção da acidez e a adubação adequadas na camada superficial (até 20 cm) de toda a área (Ver item 6.6, p. 67). Como a amostragem, em geral, é diferente da indicada para as demais culturas, optou-se por incluir o item amostragem para todas as culturas frutíferas, com a finalidade de facilitar o entendimento do leitor. Informações mais detalhadas sobre o assunto são dadas nos Capítulos 3 e 6.

Como orientação geral, recomenda-se amostrar o solo até a camada em que será incorporado o corretivo (calcário) e o adubo (fosfatado e potássico). As recomendações para correção da acidez e da adubação são para a profundidade de 20 cm. Caso a amostragem seja feita até maior profundidade, deve-se aumentar as doses proporcionalmente à camada amostrada (item 6.6). Se a amostragem for feita por camadas (de zero a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade), a quantidade de calcário e de adubo a aplicar deve ser a soma das doses indicadas para cada camada.

A recomendação de calagem é feita para utilização de corretivo com PRNT 100%. Deve-se ajustar as quantidades a aplicar conforme o PRNT do corretivo a ser utilizado. Por razões de praticidade e por ser de uso generalizado, o termo calcário foi utilizado em todos os itens de calagem neste capítulo como sinônimo de corretivo.

A análise foliar pode ser utilizada para avaliar o estado nutricional das plantas. As recomendações de coleta das amostras e as interpretações dos resultados são apresentadas nos itens referentes às diversas culturas. Instruções para o preparo de adubos foliares, quando houver necessidade de utilização, são também apresentadas em alguns casos.

Práticas de conservação do solo, como plantio em curvas de nível, terraceamento e a manutenção de culturas intercalares, tanto no inverno como no verão, devem ser observadas para evitar a erosão do solo.

A tendência do mercado importador é por frutas de maior qualidade, minimização do uso de agroquímicos e cuidados em relação à preservação do meio ambiente e da saúde do produtor e do consumidor. O sistema de Produção Integrada (PI) visa cumprir estes requisitos, sugerindo um conjunto de técnicas de manejo para a produção de alimentos de alta qualidade. Quando efetivamente implementado, o sistema PI permite a utilização de um selo de qualidade na comercialização do produto; possibilita a rastreabilidade do sistema de produção e disponibiliza produtos com maior controle de qualidade, eventualmente com maior aceitabilidade pelo consumidor e maior competitividade para a exportação. As diretrizes para a inclusão da maçã, de uvas finas de mesa e do pêssego no Sistema de Produção Integrada foram publicadas, respectivamente, por Protas & Sanhueza (2002), Brasil (2003) e Fachinello et al. (2003).

14.1 - ABACATEIRO

Amostragem de solo

Amostrar o solo nas camadas de zero a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, seis meses antes do plantio do pomar. Em pomares já implantados, agrupar talhões com características de solo semelhantes e reamostrar as mesmas camadas na faixa adubada a cada dois anos no período de março a maio. As amostras devem ser coletadas com intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação. É recomendado também amostrar o solo no meio das ruas (parte central das entrelinhas) para análise a cada quatro anos, visando monitorar os efeitos da calagem e da adubação fosfatada.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. Quando possível, incorporar o calcário à profundidade maior, de preferência na camada de zero a 40 cm. Nesse caso, amostrar o solo também nesta camada e ajustar as doses proporcionalmente. De preferência, utilizar calcário dolomítico com relação Ca/Mg \approx 3.

A aplicação em toda a área é feita somente quando forem estabelecidas culturas intercalares no pomar, ou quando se desejar promover o crescimento de vegetação espontânea entre as linhas. Caso contrário, fazer a distribuição e a incorporação do calcário inicialmente numa faixa de 3,0 m de largura, ao longo de cada linha de plantio. Nesse caso, ajustar a dose para a área de aplicação. Três a quatro anos após o plantio, antes que as raízes se prolonguem para fora da faixa já corrigida, faz-se a distribuição e a incorporação do calcário no restante da área do mesmo modo da aplicação na faixa.

Fósforo e potássio

Os fertilizantes fosfatado e potássico de pré-plantio são aplicados a lanço e incorporados na área total na mesma operação e do mesmo modo que o calcário quando houver culturas intercalares. Quando a adubação de pré-plantio for feita numa faixa de 3,0 m na linha de plantio, não é necessária a aplicação de potássio.

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha ⁽¹⁾
Muito baixo	180	100
Baixo	120	70
Médio	80	40
Alto	60	0
Muito alto	0	0

⁽¹⁾ A adubação potássica de pré-plantio é necessária somente quando forem estabelecidas culturas intercalares no pomar, ou se houver interesse em favorecer o crescimento da vegetação espontânea entre as linhas de abacateiro.

Adubação de crescimento e de manutenção

As quantidades de nutrientes recomendadas a seguir (N-P₂O₅-K₂O) são para pomares com espaçamento de plantio de 5 x 8 m, com aproximadamente 250 árvores por hectare, devendo ser alteradas proporcionalmente para pomares com número diferente de plantas por hectare.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo ⁽¹⁾	Nitrogênio/anos após o plantio			
	1°	2°	3°	4°
%	----- kg de N/ha -----			
≤ 2,5	36	40	60	100
2,6 - 3,5	25	30	50	80
3,6 - 4,5	15	20	50	80
> 4,5	0	0	0	0

⁽¹⁾ Interpretação feita na análise de solo utilizada para a adubação de pré-plantio.

A partir do 5º ano, para pomares com produção de até 20 toneladas de frutos por hectare, adicionar anualmente as quantidades de N recomendadas para o 4º ano e acrescentar 40 kg de N/ha anualmente, para cada 10 t/ha de incremento real e/ou esperado na produção de frutos.

Quando o teor foliar de N for maior que 2,5%, reduzir a dose que estava sendo usada em 20% ou mais, dependendo do grau de excesso. Quando for menor que

1,7%, aumentá-la em 20% ou mais, dependendo do grau de deficiência, sem ultrapassar a dose de 300 kg de N/ha, principalmente em solos com mais de 2,5% de matéria orgânica.

Fósforo

Nos pomares cujos solos foram adubados com fósforo em pré-plantio, não há necessidade de adubação com este nutriente se o teor de P na folha for maior que 0,1%, tanto de crescimento como de manutenção. Se houver deficiência foliar ou no solo, poderão ser feitas adubações corretivas de cobertura, cujo efeito, entretanto, será lento, pois não se recomenda incorporar os adubos ao solo em pomares de abacateiro, para evitar ferimentos nas raízes, que se tornam suscetíveis ao ataque de gomose (*Phytophthora cinnamomi*) e de outras doenças.

Potássio

Interpretação do teor de K do solo ⁽²⁾	Potássio/anos após o plantio ⁽¹⁾			
	1°	2°	3°	4°
	----- kg de K ₂ O/ha -----			
Muito baixo	15	20	40	80
Baixo	10	15	30	60
Médio	0	0	20	40
Alto	0	0	0	20
Muito alto	0	0	0	0

⁽¹⁾ No 1° e 2° anos só é necessário fazer adubações com potássio quando não tiver sido feita a adubação de pré-plantio com esse nutriente.

⁽²⁾ Interpretação feita na análise de solo utilizada para a adubação de pré-plantio.

A partir do 5° ano em diante, adicionar anualmente a dose recomendada para o 4° ano, estimada para uma produção de 20 t/ha de frutos e acrescentar 50 de K₂O/ha, anualmente, para cada 10 t/ha de aumento real e/ou esperado de frutos, independentemente do teor no solo.

Quando o teor de K na análise foliar for maior que 2,5%, diminuir em 20% ou mais a dose que estava sendo usada, dependendo do grau de excesso. Quando o teor foliar for menor que 0,8%, aumentar a dose em 20% ou mais, dependendo do grau de deficiência, sem entretanto ultrapassar a quantidade de 400 kg de K₂O/ha, principalmente em solos com teor de K maior que 40 mg/dm³.

Adubação orgânica

Adubos orgânicos ⁽¹⁾	Quantidade a aplicar			
	Anos			
	1°	2°	3°	4°
	----- t/ha -----			
Cama de frango (5-6 lotes)	0,75	1,5	2,5	6,0
Composto orgânico	2,0	4,0	6,0	15,0
Esterco de suínos semi-curtido	1,5	3,0	5,0	12,0
Estrume de bovinos semi-curtido	2,0	4,0	6,0	15,0
	----- m ³ /ha -----			
Esterco líquido de suínos	6	12	25	45
Esterco líquido de bovinos	20	40	60	150

⁽¹⁾ Os adubos orgânicos devem ser aplicados em cobertura, na mesma localização recomendada para os adubos minerais, sem incorporá-los ao solo, para evitar danos às raízes do abacateiro. Somente no 1° ano pode ser feita a incorporação de pré-plantio na cova, ou logo após o plantio, ao redor da muda, distante 30 cm ou mais do tronco.

A partir do 5° ano, usar a mesma dose do 4° ano, acrescentando anualmente 25% para cada 10 t/ha de aumento real ou esperado de frutos. Fazer análise foliar de dois em dois anos, para verificar a necessidade de aumentar ou diminuir as doses.

Localização dos fertilizantes nas adubações de crescimento e de manutenção

Anos	Localização do fertilizante
1°	Ao redor da muda, entre dois círculos com 20 e 50 cm de raio, a partir do tronco.
2°	Ao redor da planta, entre dois círculos com 30 e 100 cm de raio, a partir do tronco.
3°	Ao redor da planta, entre dois círculos com 50 e 150 cm de raio, a partir do tronco.
4° e 5°	Em faixas, de largura igual ao raio da copa, nos dois lados da linha de plantas, distribuindo 2/3 da quantidade de adubo debaixo da copa e 1/3 fora da projeção da copa.
6° ano em diante	Em faixas, de largura igual ao raio da copa, nos dois lados da linha de plantas, distribuindo 50% da quantidade de adubo debaixo da copa e 50% fora da projeção da copa.

Épocas de aplicação e parcelamento da adubação com nitrogênio e potássio

Ano	Época	Nitrogênio e potássio	
		Parcelamento (% da dose)	
		N ⁽¹⁾	K ₂ O
1° ao 3°	Agosto/setembro (início da brotação)	20	30
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro ⁽¹⁾	50	70
4°	Agosto/setembro (início da brotação)	30	40
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro	40	60
5° e após	Agosto/setembro (início da brotação)	40	60
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro	30	40

⁽¹⁾ Não retardar a adubação nitrogenada além do mês de fevereiro, para diminuir o risco de danos por frio, em regiões sujeitas a geadas no outono.

Coleta de amostras para análise foliar

No período de janeiro a março, coletar folhas completas, adultas, com idade entre cinco e sete meses, que se originaram nas brotações primaveris. Devem ser coletadas 4 a 8 folhas por árvore, a uma altura aproximada de 1,5 a 2,0 m do solo, nos quatro quadrantes da copa, formando amostras com 40 a 80 folhas, retiradas de 10 a 15 árvores do mesmo cultivar, bem distribuídas por talhão homogêneo.

Os padrões de teores foliares de nutrientes para o abacateiro não estão ainda bem estabelecidos. Os teores apresentados a seguir possibilitam entretanto avaliar o estado nutricional das plantas. Se os teores foliares estiverem na faixa normal, deve-se continuar a aplicar as quantidades de adubos que estão sendo usadas. Se estiverem na faixa insuficiente, as doses usadas devem ser aumentadas proporcionalmente ao grau de deficiência. Se os teores foliares estiverem acima da faixa normal, a adubação com o nutriente que está em excesso deve ser reduzida ou suspensa.

Interpretação dos resultados da análise foliar do abacateiro

Interpretação	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- % -----					
Insuficiente	< 1,6	< 0,1	< 0,8	< 1,0	< 0,3	< 0,2
Normal	1,6 - 2,5	0,1 - 0,3	0,8 - 2,0	1,0 - 3,0	0,3 - 0,6	0,2 - 0,5
Excessivo	> 3,0	> 0,4	> 3,0	> 5,0	> 1,0	> 0,8

Interpretação	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- mg/kg -----					
Insuficiente	< 35	< 4	< 40	< 25	< 0,1	< 25
Normal	40 - 100	5-15	50 - 120	30 - 80	0,1 - 1,0	30 - 80
Excessivo	> 150	> 20	> 200	> 100	> 2,0	> 100

Adubação foliar

No caso de serem observadas deficiências de Mn, Zn, Mg e B, é recomendada a adubação foliar com esses nutrientes, cujas doses são indicadas na tabela a seguir:

Produtos	Quantidades em 100 L de água
ZnSO ₄ .7H ₂ O	300 g
MnSO ₄ .4H ₂ O	200 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	2 kg
Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O)	100 g
Uréia ⁽¹⁾	2 kg
Espalhante adesivo	50 mL

⁽¹⁾ A presença da uréia favorece a absorção foliar dos demais nutrientes.

Obs.: Pulverizações com mancozeb, para controlar doenças, podem suprir Mn e Zn às plantas.

A época mais indicada para a adubação foliar é o período de brotação das árvores. Recomenda-se fazer três aplicações nos pomares em crescimento ou formação, sendo a primeira na brotação primaveril (setembro), a segunda em novembro/dezembro e a terceira em janeiro/fevereiro; e duas naqueles em produção: a primeira, no

final da queda dos restos florais, podendo ser feita com o tratamento fitossanitário, se não houver incompatibilidade; e a segunda, no fluxo vegetativo que ocorre em fevereiro/março.

A aplicação de boro pode ser feita via foliar. No entanto, a absorção é maior e a distribuição nos tecidos da planta é melhor quando aplicado no solo. Nesse caso, se a disponibilidade de B no solo for inferior a $0,3 \text{ mg/dm}^3$ é conveniente incorporar 20 a 30 kg de bórax/ha juntamente com a calagem e a adubação de pré-plantio. Em pomares implantados, quando o teor na folha for menor que 50 mg/kg , adicionar boro ao solo. Para isso fazer uma pulverização com bórax no solo, em ambos os lados das linhas, na faixa adubada, usando aplicador de herbicida, numa dosagem que possibilite o consumo não superior a $10 \text{ kg de bórax/ha}$. A aplicação de boro também pode ser feita junto com herbicidas de pós-emergência, desde que sejam usados produtos compatíveis, principalmente com pH semelhante.

14.2 - ABACAXIZEIRO

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 5,5 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Nitrogênio

Adubação de crescimento e de manutenção

Teor de matéria orgânica no solo	Primeira safra ⁽¹⁾			Segunda safra	
	E1	E2	E3	E4	E5
	----- g de N/planta -----				
Qualquer teor	1,3	4,0	2,7	2,0	2,0

⁽¹⁾ E1: 30 a 60 dias após o plantio; E2: cinco a seis meses após o plantio; E3: 90 dias após a indução floral; E4: 30 a 60 dias após a colheita da primeira safra; E5: 90 dias após a indução floral.

Aplicar o fertilizante nitrogenado próximo a cada planta, colocando parte nas axilas das folhas basais. Não colocá-lo na roseta basal.

Fósforo

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo	
	1ª safra	2ª safra
	----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----	
Muito baixo	200	80
Baixo	160	80
Médio	120	80
Alto	80	80
Muito alto	< 80	< 80

Fazer a adubação fosfatada de 15 a 30 dias antes do plantio, preferencialmente a lanço, com incorporação, na camada arável. A segunda aplicação deve ser feita em cobertura imediatamente após a 1ª colheita, numa faixa distante até 5 cm das plantas.

Potássio

Interpretação do teor de K no solo	Potássio	
	1ª safra	2ª safra
	g de K ₂ O/planta	
Muito baixo	11	8
Baixo	10	8
Médio	8	8
Alto	7	7
Muito alto	< 7	< 7

A adubação potássica deve ser parcelada, aplicando-se 20% da necessidade anual um mês após o plantio, 50% seis meses após o plantio e o restante 90 dias após a indução floral (E3). Na 2ª safra, aplicar 50% da dose após a primeira colheita e o restante após a indução floral. O potássio deve ser aplicado, de preferência, na forma de sulfato, já que o cloreto prejudica a qualidade dos frutos. As adu-

bações de crescimento e manutenção devem ser localizadas próximo a cada planta, aplicando parte do adubo nas axilas das folhas basais. Não colocá-lo na roseta basal.

Coleta de amostras para a análise foliar

Cortar a quarta folha, contada a partir do ápice, um pouco antes da indução floral. Cortar as folhas em pedaços de 1 cm de largura, eliminando a porção basal sem clorofila. Amostrar aproximadamente 50 plantas.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de abacaxizeiro

Macronutrientes				
N	P	K	Ca	Mg
----- % -----				
1,5 - 1,7	0,08 - 0,12	2,2 - 3,0	0,8 - 1,2	0,3 - 0,4
Micronutrientes				
B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg/kg -----				
20 - 40	5 - 10	100 - 200	50 - 200	5 - 15

14.3 - AMEIXEIRA

Amostragem de solo

Amostrar o solo para a análise na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência. Reamostrar o solo na mesma camada a cada quatro anos, para verificar a disponibilidade dos nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	100
Baixo	60	70
Médio	30	40
Alto	0	20
Muito alto	0	0

Fazer a adubação de pré-plantio na instalação do pomar, preferencialmente a lanço, com incorporação na camada arável.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	g de N/planta	Época
1º	10	30 dias após a brotação
	10	45 dias após a 1ª aplicação
	10	60 dias após a 2ª aplicação
2º	20	Início da brotação
	20	45 dias após a 1ª aplicação
	20	60 dias após a 2ª aplicação
3º	45	Início da brotação
	30	45 dias após a 1ª aplicação
	15	60 dias após a 2ª aplicação

As quantidades de nitrogênio e épocas de adubação são baseadas numa população de 400 plantas/ha. Nessa fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio. Aplicar o fertilizante na projeção da copa das plantas.

Adubação de manutenção

A partir do quarto ano, os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem ser indicados pela análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produção, espaçamento, etc. Alguns critérios utilizados para as adubações nitrogenada, fosfatada e potássica são dados nas Tabelas 14.3.1, 14.3.2 e 14.3.3, respectivamente.

Sempre que for recomendada adubação fosfatada e/ou potássica de manutenção, aplicar os nutrientes no início da brotação. Para a adubação nitrogenada, aplicar 50% da dose anual recomendada no início da floração, 30% após o raleio dos frutos e 20% após a colheita (aproximadamente um mês antes da queda normal das folhas). É recomendada a utilização de adubo orgânico, substituindo-se as quantidades de adubo mineral a aplicar, conforme os critérios descritos no Capítulo 9. Os adubos devem ser distribuídos ao redor das plantas, na projeção da copa, formando uma coroa distanciada 30 cm do tronco.

Tabela 14.3.1. Recomendação de adubação de manutenção com nitrogênio para a ameixeira, com base no teor foliar, no crescimento dos ramos do ano e na produtividade esperada

Teor de N na folha	Crescimento dos ramos do ano (cm)			
	< 30		≥ 30	
	Produtividade (t/ha)		Produtividade (t/ha)	
	< 20	≥ 20	< 20	≥ 20
%	----- kg de N/ha -----			
< 1,80	100	120	60	80
1,80 - 2,05	60	80	60	80
2,06 - 2,30	40	60	40	60
2,31 - 2,55	MDAA	ADUAA	DMAA	MDAA
2,56 - 2,80	STAP	DMAA	0	STAP
> 2,80	0	0	0	0

MDAA = mesma dose do que ano anterior; ADUAA = aumentar a dose usada no ano anterior; DMAA = dose menor do que o ano anterior; STAP = suspender todas ou algumas parcelas.

Adaptado de Freire (2001a).

Tabela 14.3.2. Recomendação de adubação fosfatada para a ameixeira, com base no teor foliar

Teor de P na folha	Fósforo
%	kg de P ₂ O ₅ /ha
< 0,04	80 - 120
0,04 a 0,09	40 - 60
> 0,09 ⁽¹⁾	0

⁽¹⁾ Embora o teor de P considerado normal na folha de ameixeira varie de 0,15 a 0,28% (ver p. 227), não é observada resposta desta cultura à aplicação de fertilizante fosfatado na região sul do Brasil, quando o teor de P é maior que 0,09%.

Adaptado de Freire & Magnani (2001b).

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar folhas completas (limbo + pecíolo) da parte média dos ramos do ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13^a e a 15^a semanas após a plena floração, tanto em cultivar precoce como tardio. Se a época indicada para a coleta de amostras de folhas coincidir com o período de colheita de algum cultivar, ou após o mesmo, a coleta da amostra deverá ser antecipada em uma a duas semanas, de modo que a

Tabela 14.3.3. Recomendação de adubação potássica para a ameixeira, com base no teor foliar e na produtividade esperada

Teor de K na folha	Potássio		
	Produtividade esperada (t/ha)		
	< 15	15 a 30	> 30
%	----- kg de K ₂ O/ha -----		
< 0,54	150	150	150
0,54 a 0,92	120	120	150
0,93 a 1,30	80	120	120
1,31 a 1,68	50	70	100
1,69 a 2,06	30	50	70
2,07 a 2,82	0	30	50
> 2,82	0	0	0

Adaptado de Freire (2002b).

amostragem de folhas seja sempre feita antes da colheita dos frutos. Cada amostra deve ser composta de, aproximadamente, 100 folhas, podendo representar um grupo de plantas ou um pomar, dependendo da homogeneidade (Freire, 2002a).

Interpretação dos resultados da análise foliar da ameixeira

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,81	< 0,04	< 0,54	< 0,66	< 0,19
Abaixo do normal	1,81 - 2,30	0,04 - 0,14	0,54 - 1,30	0,66 - 1,63	0,19 - 0,51
Normal	2,31 - 2,80	0,15 - 0,28	1,31 - 2,06	1,64 - 2,61	0,52 - 0,83
Acima do normal	2,81 - 3,30	0,29 - 0,40	2,07 - 2,82	2,62 - 3,58	0,84 - 1,15
Excessivo	> 3,30	> 0,40	> 2,82	> 3,58	> 1,15
	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 3	-	< 50	< 20	< 10
Abaixo do normal	3 - 33	< 6	50 - 99	20 - 30	10 - 23
Normal	34 - 63	6 - 30	100 - 230	31 - 160	24 - 37
Acima do normal	64 - 93	31 - 54	231 - 334	161 - 399	38 - 50
Excessivo	> 93	> 54	> 334	> 399	> 50

14.4 - AMOREIRA-PRETA

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 5,5 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Nitrogênio

Adubação de manutenção

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Primavera	Pós-colheita
%	- - - g de N/planta - - -	
≤ 2,5	15	15
2,6 - 3,5	10	10
3,6 - 4,5	5	5
> 4,5	0	0

Devido à necessidade de enxofre, utilizar preferencialmente sulfato de amônio como fonte de nitrogênio. O fertilizante deve ser colocado ao redor das plantas, distanciado aproximadamente 15 cm das mesmas. No primeiro ano, não aplicar nitrogênio para evitar a queima das gemas vegetativas.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio e de manutenção

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo e potássio			
	Pré-plantio		Manutenção	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
	- - - - kg/ha - - - -		- - g/planta/ano - -	
Muito baixo	150	90	15	10
Baixo	100	75	10	10
Médio	50	60	10	5
Alto	25	30	5	5
Muito alto	0	0	0	0

A adubação de pré-plantio deve ser feita antes do preparo do solo. As adubações de manutenção (P e K) devem ser feitas em agosto, antes da brotação e da floração.

Adubação orgânica

A aplicar, anualmente, a lanço, 10 t/ha de cama de aves ou 30 t/ha de esterco bovino, o qual deve ser aplicado e incorporado superficialmente ao solo no final do inverno.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar a 6ª folha com o pedicelo, totalmente expandida, contada a partir do ápice. As folhas devem ser coletadas dos ramos do ano anterior, na segunda quinzena de novembro. Cada amostra deve ser constituída de folhas do mesmo cultivar. A amostra deve ser composta por 80 a 100 folhas.

Interpretação dos resultados da análise foliar da amoreira-preta

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,75	< 0,20	< 1,00	< 0,50	< 0,25
Abaixo do normal	1,75 - 2,19	0,20 - 0,25	1,00 - 1,24	0,50 - 0,59	0,25 - 0,29
Normal	2,20 - 3,00	0,26 - 0,45	1,25 - 3,00	0,60 - 2,50	0,30 - 1,00
Acima do normal	3,01 - 3,50	0,46 - 0,65	3,01 - 4,00	2,51 - 3,00	1,01 - 2,00
Excessivo	> 3,50	> 0,65	> 4,00	> 3,00	> 2,00
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 25	< 3	< 30	< 20	< 12
Abaixo do normal	25 - 29	3 - 5	30 - 49	20 - 49	12 - 14
Normal	30 - 80	6 - 25	50 - 150	50 - 300	15 - 50
Acima do normal	81 - 100	26 - 100	151 - 250	301 - 1000	51 - 300
Excessivo	> 100	> 100	> 250	> 1000	> 300

Fonte: San Martín (2003).

14.5 - BANANEIRA

Amostragem de solo

Amostrar o solo para a análise na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência. Reamostrar o solo periodicamente para avaliar as relações entre os nutrientes K, Ca e Mg.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes do plantio das mudas. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2). O calcário deve ser distribuído a lanço em toda a área do bananal e incorporado à camada de zero a 20 cm de profundidade. Para a manutenção da fertilidade do solo, os valores de Ca + Mg devem estar entre 5 e 10 cmol_c/dm³, aplicando-se, para tanto, aproximadamente de 1 a 2 toneladas de calcário dolomítico a cada três anos. As faixas mais adequadas para as relações entre os nutrientes K, Ca e Mg são: Ca/Mg = 3,5 a 4; Ca/K = 17 a 25; Mg/K = 8 a 15.

Nitrogênio

Adubação de formação

Cultivares	Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio						
		Meses subseqüentes ao plantio das mudas						
		OUT	DEZ	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT
	%	----- kg de N/ha -----						
Nanicão/ Grande Naine	≤ 2,5	50	50	50	50	50	50	50
	2,6 - 5,0	40	40	40	40	40	40	40
	> 5,0	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40
Enxerto/ Branca	≤ 2,5	30	30	30	30	30	30	30
	2,6 - 5,0	25	25	25	25	25	25	25
	> 5,0	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25

A adubação de formação (ou de crescimento) é feita no primeiro ciclo, ou seja, de 30 a 60 dias após o plantio até a colheita do primeiro cacho (aproximadamente 16 meses após o plantio). Visa suprir as quantidades de nutrientes extraídas para a formação dos diversos órgãos das plantas (toda a touceira = mãe + neto) e do primeiro cacho. As doses devem ser distribuídas, a cada aplicação, em partes iguais para cada família.

Adubação de manutenção

Cultivares	Teor de matéria orgânica no solo	Meses subseqüentes ao plantio das mudas					
		FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ
	%	----- kg de N/ha -----					
Nanicão/ Grande Naine	≤ 2,5	35	35	35	35	35	35
	2,6 - 5,0	30	30	30	30	30	30
	> 5,0	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Enxerto/ Branca	≤ 2,5	25	25	25	25	25	25
	2,6 - 5,0	20	20	20	20	20	20
	> 5,0	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20

A adubação de manutenção é feita nos bananais em fase de produção. Visa restituir os nutrientes exportados pelos cachos e as perdas e imobilizações temporárias. As quantidades indicadas devem ser aplicadas a cada dois meses, após a adubação de formação. O cálculo das doses foi baseado na produtividade de 45 toneladas/hectare/ano para os cultivares do grupo comercial "Caturra": Nanicão e Grande Naine, e produtividade de 30 toneladas/hectare/ano para os cultivares do grupo comercial "Prata": Enxerto e Branca. As doses devem ser ajustadas (para mais ou para menos) de acordo com a produtividade média obtida nos bananais.

Fósforo**Adubações de pré-plantio, de plantio e de formação⁽¹⁾**

Cultivares	Interpretação do teor de P no solo	Adubação pré-plantio	Adubação de plantio	Meses subseqüentes ao plantio das mudas						
				OUT	DEZ	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT
				----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----						
Nanicão/ Grande Naine	Muito baixo	90	40	20	20	20	20	20	20	20
	Baixo	60	40	20	20	20	20	20	20	20
	Médio	30	30	20	20	20	20	20	20	20
	Alto	0	15	20	20	20	20	20	20	20
	Muito alto	0	≤ 15	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20
Enxerto/ Branca	Muito baixo	90	25	15	15	15	15	15	15	15
	Baixo	60	25	15	15	15	15	15	15	15
	Médio	30	20	15	15	15	15	15	15	15
	Alto	0	15	15	15	15	15	15	15	15
	Muito alto	0	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 15

⁽¹⁾ Utilizar fosfatos solúveis.

A adubação de pré-plantio é feita na instalação do povoamento, de preferência a lanço, com incorporação na camada arável. No caso de plantio em áreas muito declivosas, é indicada a aplicação dos fertilizantes após a preparação das covas, colocando-se metade das quantidades nas covas e misturando-se bem o adubo com o solo; o restante deve ser aplicado ao redor das covas.

A adubação de plantio é feita na cova ou no sulco de plantio. Misturar, juntamente com o fertilizante fosfatado, 10 a 15 litros de esterco curtido, ou 3 a 4 litros de composto ou esterco de aves curtido, por cova, e misturar bem como solo.

Adubação de manutenção⁽¹⁾

Cultivares	Interpretação do teor de P no solo	Meses após a adubação de formação					
		FEV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ
		----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----					
Nanicão/ Grande Naine	Muito baixo	35	35	35	35	35	35
	Baixo	35	35	35	35	35	35
	Médio	25	25	25	25	25	25
	Alto	20	20	20	20	20	20
	Muito alto	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20
Enxerto/ Branca	Muito baixo	25	25	25	25	25	25
	Baixo	25	25	25	25	25	25
	Médio	25	25	25	25	25	25
	Alto	25	25	25	25	25	25
	Muito alto	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25

⁽¹⁾ Ver as observações referentes à adubação nitrogenada de manutenção (p. 231).

Potássio**Adubação de pré-plantio e de formação⁽¹⁾**

Cultivares	Interpretação do teor de K no solo	Potássio							
		Pré-plantio	Meses após o plantio das mudas						
			OUT	DEZ	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT
----- kg de K ₂ O/ha -----									
Nanicão/ Grande Naine	Muito baixo	100	70	70	70	70	70	70	70
	Baixo	70	70	70	70	70	70	70	70
	Médio	40	70	70	70	70	70	70	70
	Alto	20	70	70	70	70	70	70	70
	Muito alto	0	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 70
Enxerto/ Branca	Muito baixo	100	50	50	50	50	50	50	50
	Baixo	70	50	50	50	50	50	50	50
	Médio	40	50	50	50	50	50	50	50
	Alto	20	50	50	50	50	50	50	50
	Muito alto	0	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50

⁽¹⁾ Ver as observações referentes à adubação nitrogenada de formação (p. 230).

Adubação de manutenção⁽¹⁾

Cultivares	Interpretação do teor de K no solo	Potássio						
		Meses após a adubação de formação						
		OUT	DEZ	FEV	ABR	JUN	AGO	OUT
----- kg de K ₂ O/ha -----								
Nanicão/ Grande Naine	Muito baixo	50	50	50	50	50	50	50
	Baixo	50	50	50	50	50	50	50
	Médio	50	50	50	50	50	50	50
	Alto	50	50	50	50	50	50	50
	Muito alto	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
Enxerto/ Branca	Muito baixo	35	35	35	35	35	35	35
	Baixo	35	35	35	35	35	35	35
	Médio	35	35	35	35	35	35	35
	Alto	35	35	35	35	35	35	35
	Muito alto	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35

⁽¹⁾ Ver as observações referentes à adubação nitrogenada de manutenção (p. 231).

Localização dos fertilizantes

Os fertilizantes devem ser distribuídos, nos primeiros meses, (até a seleção dos perfilhos), em círculos ao redor das mudas, a uma distância de 30 a 40 cm das mesmas. Após a seleção dos perfilhos, os adubos devem ser distribuídos a uma distância de 30 a 40 cm, em "meia lua", defronte aos mesmos. Não é recomendável a incorporação dos adubos, pois o sistema radicular das bananeiras é bastante superficial; deve-se aplicar os adubos, sempre que possível, quando o solo estiver úmido.

Coleta de amostras para análise foliar

A coleta de amostras de folhas para a diagnose nutricional de bananeiras deve ser feita em plantas que estiverem no estágio de início do florescimento que compreende desde o estágio de emissão da inflorescência (flor apontando) até a fase de no máximo 3 pencas abertas. A subamostra deve ser retirada da terceira folha mais nova (folha 3 - F III) (Figura 14.1), da qual são cortados dois pedaços (subamostra) conforme a Figura 14.2. Deve-se coletar de 10 a 20 subamostras (plantas) por amostra, conforme os critérios recomendados de seleção/mapeamento de áreas para a coleta de amostras de solo.

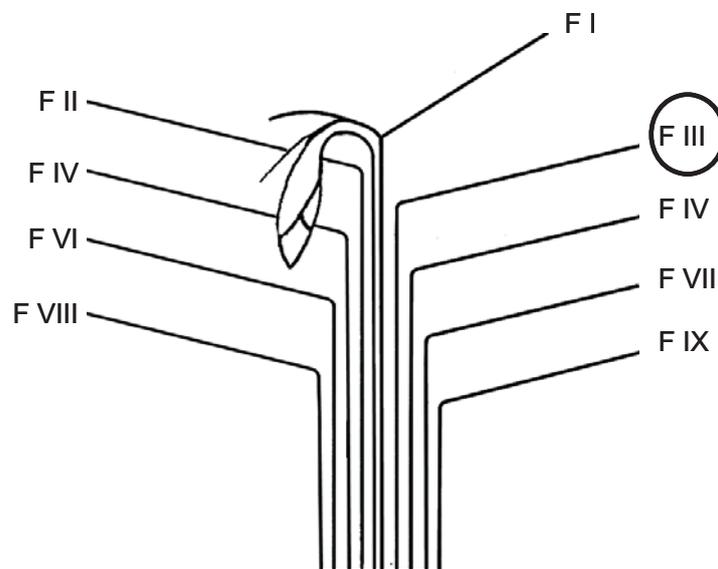


Figura 14.1. Identificação das folhas da bananeira no momento da floração.

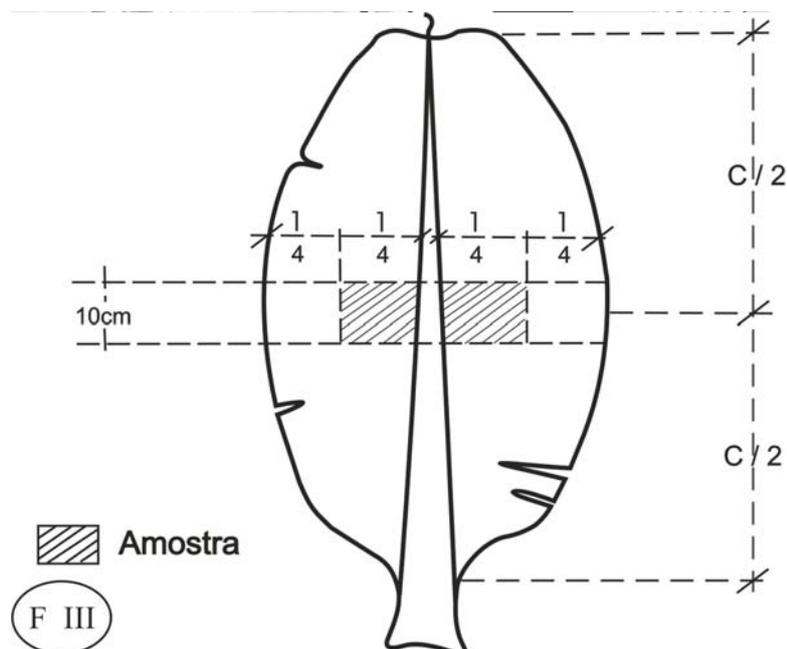


Figura 14.2. Parte da folha a ser coletada para a subamostra.

Interpretação dos resultados da análise foliar da bananeira⁽¹⁾

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Deficiente	1,6 - 2,1	-	1,3 - 2,7	0,15	0,07 - 0,19
Baixo	2,2 - 2,5	0,15 - 0,17	-	-	0,2 - 0,25
Ótimo	2,7 - 3,6	0,18 - 0,27	3,5 - 5,4	0,25 - 1,2	0,27 - 0,6
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Deficiente	-	-	-	30 - 100	6 - 17
Baixo	< 10	< 5	-	-	-
Ótimo	10 - 25	6 - 30	80 - 360	200 - 2.000	20 - 50

⁽¹⁾ Conforme Lahav & Turner (1992).

14.6 - CAQUIZEIRO

Amostragem de solo

Antes do plantio, e com a devida antecedência, amostrar o solo nas camadas de zero a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade. Reamostrar o solo na profundidade de zero a 20 cm a cada três ou quatro anos, para avaliar a necessidade de calagem e de adubação de crescimento e de manutenção.

Calagem

A calagem deve ser feita, no mínimo, três meses antes do plantio das mudas. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. Quando possível e se for do interesse, aplicar à profundidade maior ajustando as quantidades para a camada de solo amostrado. Em regiões onde não é viável o preparo de toda a área, este pode ser feito em, no mínimo, 2,5 m de largura, calculando-se a dose de calcário proporcional à área a ser preparada.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	100
Baixo	60	70
Médio	30	40
Alto	0	20
Muito alto	0	0

A adubação de pré-plantio consiste na aplicação e incorporação de P e de K antes do plantio das mudas. As doses são recomendadas para uma camada de 20 cm de solo, devendo ser ajustadas conforme a camada em que serão aplicados os adubos. Aplicar os fertilizantes e incorporá-los, de preferência, a lanço. Para preparo do solo em faixas, calcular a dose de adubos proporcional à área a ser preparada. Não se recomenda aplicar fosfatos naturais após a calagem ou em solos com pH maior que 5,5.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio	Época de aplicação
	kg de N/ha	
1º	5	30 dias após a brotação
	5	60 dias após a brotação
	5	45 dias após a 2ª aplicação
2º	10	No inchamento das gemas
	10	60 dias após a 1ª aplicação
	10	45 dias após a 2ª aplicação
3º	15	No inchamento das gemas
	15	Após pegamento dos frutos
	15	Após a colheita

A adubação nitrogenada de crescimento é feita na fase de desenvolvimento do pomar. Aplicar o fertilizante na área correspondente à projeção da copa. As doses de N podem ser ajustadas, considerando-se o crescimento vegetativo esperado para a idade das plantas, visando o bom desenvolvimento e a concomitante formação da estrutura de produção. Nessa fase, a análise foliar de N pode ser um indicativo da disponibilidade e da absorção de N pelas plantas. São poucas as informações sobre adubação do caquizeiro no sul do Brasil e, portanto, são importantes a experiência e as observações do produtor. Na fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio.

Adubação de manutenção

Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem ser estabelecidas pela análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica de solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, sistema de condução, adubações anteriores, produção, tratos culturais e presença de sintomas de deficiência ou de toxidez.

Ao utilizar adubo orgânico, deve-se considerar principalmente seu teor de N e de K e a necessidade da aplicação desses nutrientes. O excesso de N pode induzir uma baixa frutificação e a queda de muitos frutos. Em pomares com plantas muito vigorosas, deve-se reduzir a adubação nitrogenada e aumentar a adubação potássica. O adubo orgânico deve ser aplicado aproximadamente 30 dias antes do início da

brotação. Os adubos minerais contendo P e K podem ser aplicados no período de repouso hibernar. Aplicar os adubos em faixa nas linhas das plantas, até 50 cm além da linha de projeção das copas. Aplicar 50% do N em abril e o restante no inchamento das gemas.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de aproximadamente 20 plantas representativas da área.

Interpretação dos resultados da análise foliar do caquizeiro

Interpretação ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,00	< 0,08	< 1,00	< 0,50	< 0,10
Abaixo do normal	1,01 - 2,00	0,08 - 0,11	1,00 - 2,00	0,50 - 1,00	0,10 - 0,18
Normal	2,01 - 2,80	0,12 - 0,15	2,01 - 3,70	1,01 - 1,50	0,19 - 0,30
Excessivo	> 2,80	> 0,15	> 3,70	> 1,50	> 0,30

⁽¹⁾ Japão, 1999.

Adubação foliar

Somente aplicar nutrientes via foliar no caquizeiro quando for observada deficiência visual, ou com base na análise foliar. Recomendações específicas para esta cultura não estão disponíveis.

14.7 - CITROS

Amostragem do solo

Amostrar o solo, para cada gleba homogênea, nas camadas de zero a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, seis meses antes do plantio do pomar. Em pomares já implantados, agrupar talhões com características de solo semelhantes e reamostrar as mesmas camadas na faixa adubada a cada dois anos no período de março a maio. As amostras devem ser coletadas com intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação. É recomendado também amostrar o solo no meio das ruas (parte central das entrelinhas) para análise a cada quatro anos, visando monitorar os efeitos da calagem e da adubação fosfatada.

Calagem

A calagem deve ser feita, no mínimo, três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. Quando possível, incorporar o calcário à profundidade maior, de preferência na camada de zero a 40 cm. Neste caso, amostrar o solo também nesta camada e ajustar as doses proporcionalmente. De preferência, utilizar calcário dolomítico com relação Ca/Mg \approx 3.

A aplicação em toda a área é feita somente quando forem estabelecidas culturas intercalares no pomar, ou quando se desejar promover o crescimento de vegetação espontânea entre as linhas. Caso contrário, fazer a distribuição e a incorporação do calcário inicialmente numa faixa de 3,0 m de largura, ao longo de cada linha de plantio. Neste caso, ajustar a dose para a área de aplicação. Três a quatro anos após o plantio, antes que as raízes se prolonguem para fora da faixa já corrigida, faz-se a distribuição e a incorporação do calcário no restante da área do mesmo modo da aplicação na faixa.

Fósforo e potássio

Os fertilizantes fosfatado e potássico de pré-plantio são aplicados a lanço e incorporados na área total na mesma operação e do mesmo modo que o calcário, somente quando houver culturas intercalares ou para promover o crescimento de vegetação espontânea entre as linhas. Quando a adubação de pré-plantio for feita numa faixa de 3,0 m na linha de plantio, não é necessária a aplicação de potássio.

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha ⁽¹⁾
Muito baixo	180	100
Baixo	120	70
Médio	80	40
Alto	80	0
Muito alto	0	0

⁽¹⁾ A adubação potássica de pré-plantio é necessária somente quando forem estabelecidas culturas intercalares no pomar, ou se houver interesse em favorecer o crescimento da vegetação espontânea entre as linhas das plantas cítricas.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Teor de matéria orgânica no solo ⁽¹⁾	Nitrogênio			
	Anos após o plantio			
	1º	2º	3º	4º
	----- kg de N/ha -----			
≤ 2,5	45	75	110	155
2,6 - 3,5	35	60	90	130
3,6 - 4,5	30	45	60	90
> 4,5	0	0	0	0

⁽¹⁾ Interpretação feita na análise de solo utilizada para a adubação de pré-plantio.

As quantidades de nutrientes (N, P₂O₅ e K₂O) recomendadas são para pomares com espaçamento de plantio de 3 x 7 m e com aproximadamente 476 árvores por hectare, podendo ser alteradas proporcionalmente à população de plantas por hectare.

Adubação de manutenção

Nitrogênio

Para pomares com produção de até 20 t/ha de frutos, aplicar anualmente as quantidades de N recomendadas para o quarto ano; para cada 10 t/ha de incremento real e/ou esperado da produção de frutos, aumentar em 40 kg/ha a adubação anual com N.

Quando o teor de N, determinado na análise foliar for maior que 2,7%, reduzir a dose que estava sendo aplicada em 20%; quando for menor que 2,3% aumentá-la em 20%, sem ultrapassar, porém, a dose de 300 kg de N/ha, principalmente em solos com mais de 2,5% de matéria orgânica.

Fósforo

Nos pomares adubados com fósforo em pré-plantio, com teor de P nas folhas maiores que 0,13%, não há necessidade de adubações posteriores de crescimento ou de manutenção. Se as análises foliares e/ou de solo indicarem deficiência, poderão ser feitas adubações corretivas de cobertura com base na análise de solo. O efeito dessas adubações entretanto é lento, pois não se recomenda incorporar os adubos ao solo em pomares de citros, para evitar ferimentos nas raízes, tornando-as suscetíveis ao ataque de gomose (*Phytophthora sp*) e a outras doenças.

Potássio

Interpretação do teor de K do solo ⁽²⁾	Potássio			
	Anos após o plantio ⁽¹⁾			
	1º	2º	3º	4º
	----- kg de K ₂ O/ha -----			
Muito baixo	20	30	40	80
Baixo	10	15	30	60
Médio	0	0	20	40
Alto	0	0	0	20
Muito alto	0	0	0	0

⁽¹⁾ No 1º e no 2º anos só é necessário fazer adubações com K quando não tiver sido feita adubação de pré-plantio com esse nutriente.

⁽²⁾ Interpretação feita na análise de solo utilizada para a adubação de pré-plantio.

A partir do 5º ano, aplicar anualmente as doses recomendadas para o 4º ano, estimadas para uma produção de 20 t/ha de frutos; adicionar 60 kg de K₂O/ha anualmente, para cada aumento real, ou esperado, de 10 t/ha na produção, independentemente do teor inicial de K do solo.

Quando o teor de K na análise foliar for maior que 1,5% de potássio, diminuir em 20% as doses que estavam sendo aplicadas; quando o teor foliar for menor que 1,0%, aumentar as doses em 20%, sem entretanto ultrapassar a quantidade de 400 kg de K₂O/ha, principalmente em solos com teor de K maior que 40 mg/dm³.

Localização dos fertilizantes nas adubações de crescimento e de produção

Anos	Localização dos fertilizantes
1º	Ao redor da muda, entre dois círculos com 20 e 50 cm de raio, a partir do tronco.
2º	Ao redor da planta, entre dois círculos com 30 e 100 cm de raio, a partir do tronco.
3º	Ao redor da planta, entre dois círculos com 50 e 150 cm de raio, a partir do tronco.
4º e 5º	Em faixas, de largura igual ao raio da copa, nos dois lados da linha de plantas, distribuindo 2/3 da quantidade de adubo debaixo da copa e 1/3 fora da projeção da copa.
6º em diante	Em faixas, de largura igual ao raio da copa, nos dois lados da linha de plantas, distribuindo 50% da quantidade de adubo debaixo da copa e 50% fora da projeção da copa.

Épocas de aplicação e parcelamento da adubação

Ano	Época	Nitrogênio e potássio	
		N ⁽¹⁾	K ₂ O
		- - - % da dose - - -	
1º ao 3º	Agosto/setembro (início da brotação)	20	30
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro	50	70
4º	Agosto/setembro (início da brotação)	30	40
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro	40	60
5º em diante	Agosto/setembro (início da brotação)	40	60
	Novembro/dezembro	30	0
	Fevereiro	30	40

⁽¹⁾ Em regiões onde ocorrem geadas no outono, não retardar a adubação nitrogenada além do mês de fevereiro, para diminuir riscos de danos pelo frio. Em pomares com presença de cancro cítrico (*Xanthomonas axonopodis* pv. citri), não fazer a adubação nitrogenada de novembro/dezembro.

Adubação orgânica

A composição de materiais orgânicos disponíveis é bastante variável dificultando as recomendações; apesar disso, como orientação, sugerem-se os adubos e as respectivas quantidades na tabela a seguir:

Adubos orgânicos ⁽¹⁾	Quantidade por ano ⁽²⁾			
	1º	2º	3º	4º
	----- t/ha -----			
Cama de frango (5-6 lotes)	1,5	3,0	5,0	12,0
Composto orgânico	4,0	8,0	12,0	30,0
Esterco de suínos semi-curtido	3,0	6,0	10,0	24,0
Estrume de bovinos semi-curtido	4,0	8,0	12,0	30,0
	----- m ³ /ha -----			
Esterco líquido de suínos	12	24	50	90
Esterco líquido de bovinos	40	80	120	300

⁽¹⁾ Os adubos orgânicos devem ser aplicados em cobertura, na mesma localização recomendada para os adubos minerais, sem incorporá-los ao solo, para evitar danos às raízes das plantas. Somente no 1º ano pode ser feita a incorporação do adubo aplicado em pré-plantio na cova, ou logo após o plantio, ao redor da muda, distante 30 cm ou mais do tronco.

⁽²⁾ Quantidades expressa em matéria seca, para os materiais sólidos.

A partir do 5º ano, para uma produção de 20 t/ha de frutos, aplicar a mesma dose do 4º ano, acrescentando 25% para cada aumento real ou esperado de 10 t/ha de frutos. Fazer análise foliar de dois em dois anos, para verificar a necessidade de alterar as doses.

Coleta de amostras para análise foliar

No período de janeiro a março, coletar folhas com 5 a 7 meses de idade, de ramos frutíferos que se originaram nas brotações primaveris. Devem ser coletadas de 8 a 16 folhas por árvore (dependendo do tamanho das folhas), a uma altura de aproximadamente 1,5 m do solo, nos quatro quadrantes da copa, de 10 a 15 árvores do mesmo cultivar, bem distribuídas por talhão, com topografia e solo homogêneos (amostras com 80 a 200 folhas).

Interpretação dos resultados da análise foliar dos citros

Interpretação	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- % -----					
Insuficiente	< 2,3	< 0,12	< 1,00	< 3,5	< 0,25	0,2
Normal	2,3-2,7	0,12- 0,16	1,0-1,5	3,5-4,5	0,25-0,40	0,2-0,3
Excesso	> 3,0	> 0,2	> 2,0	> 5,0	> 0,40	> 0,5
Interpretação	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- mg/kg -----					
Insuficiente	< 36	< 4	< 50	< 35	< 0,1	< 35
Normal	36-100	4-10	50-120	35-50	0,1-1,0	35-50
Excesso	> 150	> 15	> 200	> 100	> 2,0	> 100

Os padrões nutricionais adequados para os citros, apresentados na tabela acima, baseiam-se em recomendações do Grupo Paulista de Adubação e Calagem para os Citros (1994). Comparando os resultados da análise foliar com esses padrões pode-se verificar o estado nutricional das plantas. Se os teores foliares determinados na análise estiverem na faixa normal, deve-se continuar a aplicação dos adubos nas quantidades utilizadas. Se estiverem na faixa insuficiente, as doses devem ser aumentadas proporcionalmente ao grau de deficiência. Se os teores foliares estiverem acima da faixa normal, a adubação com o nutriente que está em excesso deve ser diminuída ou suspensa.

Adubação foliar

No caso de serem observadas deficiências de Mn, Zn, Mg e B é recomendada a adubação foliar, cujas doses são indicadas a seguir:

Produtos	Quantidade para 100 L de água
ZnSO ₄ .7H ₂ O	300 g
MnSO ₄ .4H ₂ O	200 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	2 kg
Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O)	100 g
Uréia ⁽¹⁾	2 kg
Espalhante adesivo	50 mL

⁽¹⁾ A utilização da uréia favorece a absorção foliar dos demais nutrientes.

Obs.: Pulverizações com mancozeb, para controlar doenças, podem suprir Mn e Zn às plantas.

A época mais indicada para adubação foliar é o período de brotação das árvores. Recomenda-se fazer três aplicações nos pomares em crescimento e duas nos pomares em produção; a primeira no final da queda das pétalas, junto com um tratamento fitossanitário (se não houver incompatibilidade) e a segunda, no fluxo vegetativo, que ocorre em fevereiro/março.

O boro pode ser aplicado via foliar, entretanto é mais indicada a sua aplicação no solo. Se a disponibilidade de B no solo for inferior a 0,3 mg/dm³, recomenda-se aplicar e incorporar entre 20 e 30 kg/ha de bórax, juntamente com a adubação de pré-plantio. Posteriormente, se os teores foliares forem inferiores a 50 mg/kg, fazer uma pulverização do solo com bórax, em ambos os lados das linhas, na faixa adubada, utilizando aplicador de herbicida, numa dosagem não superior a 10 kg/ha de bórax. O B também pode ser aplicado junto com herbicidas de pós-emergência, desde que sejam usados produtos compatíveis, principalmente de pH semelhante.

14.8 - FIGUEIRA

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência para preparar o solo antes do plantio. Reamostrar o solo na mesma profundidade a cada três ou quatro anos, para avaliar a disponibilidade de nutrientes e determinar a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	190	130
Baixo	160	100
Médio	130	70
Alto	100	50
Muito alto	≤ 100	≤ 30

Aplicar a adubação de pré-plantio na instalação do pomar, de preferência a lanço com incorporação na camada arável.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio	Época
	g de N/planta	
1º	25	Início da primavera
	25	Fim da primavera
2º	45	Início da primavera
	45	Fim da primavera

As quantidades de N indicadas para a adubação de crescimento são baseadas numa população estimada de 800 plantas/ha (espaçamento de 2,5 x 5 m). Nesta fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio. O fertilizante

deve ser aplicado na projeção da copa das plantas e incorporado ao solo.

Adubação de manutenção

A partir do terceiro ano, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas dependem da análise conjunta dos seguintes fatores: análise foliar anual, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo e adubações anteriores. Sempre que for recomendada a adubação fosfatada e/ou potássica de manutenção, esta deve ser feita antes do início da brotação (julho/agosto). Aplicar a metade da dose de nitrogênio no início da primavera e o restante, no final da mesma estação.

Quando o teor foliar de N for maior que 2,5%, reduzir a dose que estava sendo aplicada, no mínimo em 20%, dependendo do grau de excesso; quando o mesmo for menor que 2,0, aumentá-la em 20% ou mais, dependendo do grau de deficiência, sem, no entanto, ultrapassar a dose de 90 g de N por planta, por época. Quando o teor foliar de N estiver entre 2,0 e 2,5%, repetir a dosagem usada no ano anterior. Para os demais nutrientes, só é recomendável a aplicação quando o respectivo teor foliar estiver abaixo da faixa considerada a adequada. Os adubos devem ser distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa, formando uma coroa distanciada de 20 a 30 cm do tronco.

Sempre que houver disponibilidade, é desejável o uso de adubos orgânicos em substituição à adubação mineral, compensando as quantidades a aplicar, conforme os critérios descritos no Capítulo 9.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar folhas completas (limbo e pecíolo) recém-maduras e totalmente expandidas, localizadas na porção média dos ramos, aproximadamente três meses após o início da brotação. Cada amostra deve ser composta por 100 folhas, podendo representar um grupo de plantas ou um pomar, dependendo da homogeneidade.

Faixas valores de nutrientes considerados adequados em folhas de figueira⁽¹⁾

Elemento	Faixa	Elemento	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N ⁽²⁾	2,00 - 2,50	B ⁽³⁾	30 - 75
P ⁽²⁾	0,10 - 0,30	Cu	2 - 10
K	1,00 - 3,00	Fe	100 - 300
Ca	3,00 - 5,00	Mn	100 - 350
Mg	0,75 - 1,00	Zn	50 - 90

⁽¹⁾ Conforme Raisenauer (1983).

⁽²⁾ Quando os teores de N e de P estiverem abaixo de 1,7 e 0,7% respectivamente, as plantas poderão apresentar sintomas de deficiência destes nutrientes.

⁽³⁾ O teor foliar de boro maior do que 300 mg/kg é considerado excessivo.

14.9 - MACIEIRA

Amostragem do solo

Amostrar o solo nas camadas de zero a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, com a devida antecedência, para preparar o solo antes do plantio. Reamostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade a cada três ou quatro anos, para avaliar a disponibilidade de nutrientes e determinar a necessidade de calagem.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo método SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), para cada camada de solo amostrada. Quando possível, incorporar o calcário à profundidade maior corrigindo-se a quantidade proporcionalmente. Para regiões onde não é viável o preparo de toda a área, fazê-lo em faixas de no mínimo 2,5 m de largura na linha de plantio, calculando-se a dose de corretivos proporcional à área a ser preparada. Para favorecer a absorção de cálcio, deve-se aplicar corretivos de acidez que propiciem no solo uma relação Ca:Mg entre 3 e 5. Aplicar, portanto, corretivos dolomítico e calcítico na proporção adequada.

Gessagem

O gesso agrícola não é corretivo da acidez do solo. Pode ser aplicado para aumentar o teor de Ca e a relação Ca:Mg do solo, com o objetivo de favorecer a absorção de Ca pela macieira. É necessário aplicar aproximadamente 3 t/ha de gesso para aumentar em 1 cmol_c/dm³ o teor de Ca trocável numa camada de 20 cm de solo.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	130	100
Baixo	100	75
Médio	70	50
Alto	40	25
Muito alto	0	0

Os fertilizantes fosfatado e potássico indicados na adubação de pré-plantio devem ser aplicados a lanço na área total e incorporados na camada de zero a 20 cm de profundidade. Caso seja possível e for de interesse incorporá-los a uma profundidade maior, aumentar as doses proporcionalmente à

camada adubada, com base na análise do solo na mesma profundidade de incorporação. Para o preparo do solo em faixas, calcular a dose de adubos proporcional à área a ser preparada. Aplicar de 30 a 50 kg/ha de bórax na adubação de pré-plantio. Não é recomendada a utilização de fosfatos naturais devido a sua baixa solubilidade, principalmente após a calagem ou em solos com pH maior que 5,5.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio kg de N/ha	Época
1º	6	30 dias após a brotação
	6	60 dias após a brotação
	6	45 dias após a 2ª aplicação
2º	9	No inchamento das gemas
	9	60 dias após a 1ª aplicação
	9	45 dias após a 2ª aplicação
3º	12	No inchamento das gemas
	12	Na queda das pétalas
	12	Após a colheita

Na adubação de crescimento, utiliza-se somente nitrogênio. A aplicação é feita na área correspondente à projeção da copa. As doses de N podem ser alteradas com base no crescimento vegetativo esperado para a idade das plantas, na combinação porta-enxerto/copa e no sistema de plantio e condução, visando obter um bom desenvolvimento das plantas concomitante à formação da estrutura de produção de frutos. Nesta fase, a análise

foliar de N pode indicar a disponibilidade de N e a absorção do mesmo pelas plantas. Nos sistemas de plantio com alta densidade, com porta-enxertos anões, o início de produção das plantas é antecipado para o segundo ano. Nestes casos, deve-se planejar as adubações considerando a manutenção dos pomares, normalmente feita a partir do quarto ano.

Adubação de manutenção

Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem ser estabelecidos pela análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise de folhas e de frutos, análise periódica de solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, sistema de plantio e de condução, adubações anteriores, produção, exportação de nutrientes pela produção, tratamentos culturais, distúrbios nutricionais e presença de sintomas de deficiência ou de toxidez. Nas Tabelas 14.9.1, 14.9.2 e 14.9.3, são apresentadas sugestões de adubação com N, P e K, considerando o teor foliar do nutriente, a disponibilidade no solo, a produção e o crescimento das brotações do ano. Utilizar

estas informações como referência, adaptando-as ao sistema de produção de cada pomar.

Caso seja utilizado adubo orgânico, deve-se considerar que quantidades excessivas de N e de K prejudicam a qualidade das maçãs, predispondo-as a distúrbios fisiológicos e diminuindo sua conservabilidade, além de deixar as plantas mais suscetíveis ao ataque de doenças e de pragas.

O adubo orgânico deve ser aplicado aproximadamente 30 dias antes do início da brotação. Os adubos minerais contendo fósforo e potássio podem ser aplicados no período de repouso hibernar. A aplicação deve ser feita em faixa nas linhas das plantas, até 50 cm além da linha de projeção da copa. Aplicar 50% do adubo nitrogenado no período de inchamento das gemas e 50% no período de 15 de março e 15 de abril.

Tabela 14.9.1. Quantidades de nitrogênio a aplicar com base nos teores foliares, produtividade esperada, crescimento dos ramos do ano e do cultivar

Teor de N na folha ⁽¹⁾	Produtividade	Nitrogênio					
		Crescimento dos ramos no ano (cm)					
		Gala			Fuji		
		< 10	10 a 25	> 25	< 15	15 a 30	> 30
%	t/ha	----- kg de N/ha -----					
< 2,0	≥ 50	50	40	30	50	40	30
	< 50	35	20	15	35	20	15
2,0-2,5	≥ 50	30	20	0	30	20	0
	< 50	15	0	0	15	0	0

⁽¹⁾ Não aplicar nitrogênio quando o teor for maior do que 2,5%.

Tabela 14.9.2. Quantidades de fósforo a aplicar com base nos teores foliares, teores no solo e na produtividade esperada

Teor de P na folha	Interpretação do teor de P no solo	Fósforo	
		Produtividade (t/ha)	
		< 50	≥ 50
%		----- kg de P ₂ O ₅ /ha -----	
< 0,15	Muito baixo, Baixo e Médio	30	50
	Alto ou Muito alto	20	30
≥ 0,15	Muito baixo, Baixo e Médio	0	20
	Alto ou Muito alto	0	0

Tabela 14.9.3. Quantidades de potássio a aplicar com base nos teores foliares, teores do solo e na produtividade esperada

Teor de K na folha	Teor de K no solo	Potássio	
		Produtividade (t/ha)	
		< 50	≥ 50
%	mg/dm ³	- - - kg de K ₂ O/ha - - -	
< 1,20	< 150	100	100
	150-200	60	80
	> 200	40	60
≥ 1,20	< 150	30	50
	150-200	0	30
	> 200	0	0

Para cada tonelada de maçãs colhidas, são extraídos do pomar 300 a 400 g de N, 100 a 150 g de P e 1000 a 1200 g de K. Devido à alta extração de K, deve-se manter seu teor no solo maior que 120 mg/dm³.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas de 20 plantas representativas da área.

Coleta de amostras para análise de frutos

A análise do teor de macronutrientes e suas relações na polpa fresca dos frutos em pré-colheita têm por objetivo avaliar seu potencial de conservação em câmara fria, diminuindo as perdas pós-colheita devidas a distúrbios fisiológicos relacionados com a nutrição. Para esta finalidade, coletam-se amostras de 20 frutos por cultivar, aleatoriamente, em uma área homogênea, entre 15 e 20 dias antes da colheita. Os frutos devem ser saudáveis, normais e de tamanho uniforme, representativos da classe predominante no pomar. Para amostras de tecido em fatias longitudinais com casca, são consideradas concentrações normais de nutrientes na polpa fresca os seguintes valores: entre 300 e 400 mg de N/kg; mais de 100 mg de P/kg; entre 800 e 1000 mg de K/kg; mais de 40 mg de Ca/kg e mais de 40 mg de Mg/kg. Na polpa fresca das frutas, as relações K/Ca e N/Ca devem ser menores que 30 e 10, respectivamente.

Interpretação dos resultados da análise foliar da macieira⁽¹⁾

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,70	< 0,10	< 0,80	< 0,80	< 0,20
Abaixo do normal	1,70 - 1,99	0,10 - 0,14	0,80 - 1,19	0,80 - 1,09	0,20 - 0,24
Normal	2,00 - 2,50	0,15 - 0,30	1,20 - 1,50	1,10 - 1,70	0,25 - 0,45
Acima do normal	2,51 - 3,00	> 0,30	1,51 - 2,00	> 1,70	> 0,45
Excessivo	> 3,00	-	> 2,00	-	-
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 20	< 3		< 20	< 15
Abaixo do normal	20 - 29	3 - 4	< 50	20 - 29	15 - 19
Normal	30 - 50	5 - 30	50 - 250	30 - 130	20 - 100
Acima do normal	51 - 140	31 - 50	> 250	131 - 200	< 100
Excessivo	> 140	> 50	-	> 200	-

⁽¹⁾ Adaptado de Basso et al. (1986).

Adubação foliar

Considerando o teor foliar e/ou as necessidades da cultura, pode-se aplicar os seguintes nutrientes via foliar:

Cálcio: aplicação recomendada para reduzir os distúrbios fisiológicos relacionados à deficiência de Ca no fruto. O número de aplicações varia com o cultivar, com o histórico de ocorrência de distúrbios na área, com a situação nutricional, com a produção e o crescimento das plantas e com as condições climáticas predominantes na safra. Fazer de 5 a 10 pulverizações quinzenais com CaCl_2 0,6%, nas plantas em produção. Nas primeiras três pulverizações, aplicar CaCl_2 0,3% ou nitrato de cálcio 0,7%, para minimizar a indução de "russeting"¹. O Ca quelatizado, nas concentrações normalmente recomendadas comercialmente, é pouco eficiente no controle de distúrbios fisiológicos.

¹ "Russeting" é um distúrbio fisiológico da maçã que se caracteriza por apresentar a película rugosa e áspera.

Magnésio: até no máximo três pulverizações quinzenais com sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 2 a 3%, a partir de dezembro, desde que constatada a necessidade pela análise foliar ou por presença de sintomas em ciclos anteriores.

Zinco: até três pulverizações quinzenais com sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0,2%, ou fungicidas à base de Zn, ou Zn quelatizado, a partir do início da 2ª quinzena de novembro. Ao aplicar sulfato de zinco com altas temperaturas, adicionar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2% para evitar fitotoxidez. Pode-se aplicar sulfato de zinco 1 a 2% antes do início da brotação, evitando-se assim a indução de "russeting".

Boro: 2 a 3 pulverizações quinzenais com bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 0,4% ou solubor 0,2%, a partir de meados de novembro. Aplicar no estágio de botão rosado para favorecer a fecundação das flores. No cultivar Gala, três aplicações de boro espaçadas de 30 dias, sendo a primeira em meados de novembro, podem melhorar a coloração da película dos frutos na colheita.

Produção integrada de maçãs (PIM)

A produção integrada de maçã tem normas técnicas específicas e todo o processo produtivo é controlado por um programa de certificação oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme a Instrução Normativa SARC nº 6 de 22/07/2002 (Protas & Sanhueza, 2002).

14.10 - MARACUJAZEIRO

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem. Reamostrar o solo para análise periodicamente, para avaliar a disponibilidade de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	100
Baixo	60	70
Médio	30	40
Alto	0	20
Muito alto	0	0

Fazer a adubação de pré-plantio na instalação do pomar, preferencialmente a lanço, com incorporação na camada arável.

Adubação de plantio, de crescimento e de manutenção

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio/anos		
	1º	2º	3º
%	- - - - g de N/planta - - - -		
≤ 2,5	90	120	120
> 2,5	70	80	80

No plantio, aplicar por planta de 10 a 20 litros de esterco, se disponível. A aplicação deve ser feita ao redor da cova de plantio com incorporação.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo/anos				Potássio/anos			
	Plantio	1º	2º	3º	Plantio	1º	2º	3º
	- - - g de P ₂ O ₅ /planta - - -				- - - g de K ₂ O/planta - - -			
Muito baixo	50	50	60	50	30	100	140	140
Baixo	50	45	50	45	30	80	130	130
Médio	40	45	45	45	20	80	110	110
Alto	40	40	40	40	20	60	90	90
Muito alto	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 20	≤ 60	≤ 80	≤ 80

Os adubos de crescimento e de manutenção devem ser distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa, formando uma coroa distanciada de 20 cm do tronco. Os fertilizantes nitrogenado e potássico devem ser aplicados parceladamente, em doses iguais, durante os meses de setembro, novembro e fevereiro. A dose anual de adubo fosfatado deve ser aplicada totalmente em fevereiro.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar a quarta folha (recém-madura) a partir do ápice dos ramos produtivos, no outono. Amostrar no mínimo 20 plantas.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de maracujazeiro

Nutriente ⁽¹⁾	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	2,10 - 4,60	Fe	120- 790
P	0,12 - 0,30	Mn	45 - 600
K	2,10 - 5,60	Zn	26- 60
Ca	-	Cu	15
Mg	-	B	40 - 150

⁽¹⁾ São considerados insuficientes os teores de N < 1,90, os de P < 0,06 e os de K < 1,15.

14.11 - MIRTILO

Calagem

A calagem não é recomendada para a cultura do mirtilo, devido a sua adaptação a solos ácidos.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	90
Baixo	60	60
Médio	30	30
Alto	0	0
Muito alto	0	0

A adubação de pré-plantio deve ser feita por ocasião da instalação do pomar, de preferência a lanço com incorporação na camada arável. A necessidade de adubação fosfatada e potássica de manutenção será determinada por meio da análise foliar. Como o mirtilo é muito sensível ao cloreto, deve-se utilizar sulfato de potássio como fonte deste nutriente.

Nitrogênio

Adubação de crescimento e produção

Ano	Nitrogênio	
	1ª aplicação	2ª aplicação
	----- g de N/planta -----	
1º	5	5
2º	7,5	7,5
3º	7,5	7,5
4º	10	10
5º	15	15
6º	17,5	17,5
7º	22,5	22,5
8º	27,5	27,5
≥ 9º	30	30

A primeira aplicação do fertilizante nitrogenado deve ser feita por ocasião da abertura das gemas florais e a segunda deve coincidir com o período da plena floração. No caso de sintomas visuais de deficiência após a segunda aplicação, fazer uma aplicação adicional de N durante o período de desenvolvimento dos frutos.

Quando o pH do solo for menor que 5,0, usar a uréia como fonte de N; em solos com pH maior que este valor, usar o sulfato de

amônio. Aplicar o fertilizante nitrogenado entre 15 e 30 cm do tronco das plantas. Quando for utilizado "mulch"², dobrar a quantidade de nitrogênio, com o objetivo de reduzir a relação C/N do material.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar cinco folhas completas, plenamente desenvolvidas, de cada dez arbustos, localizadas no 5º ou 6º nó, contado a partir da extremidade dos ramos frutíferos jovens, na segunda quinzena de novembro. Cada amostra deve ser composta por 80 a 100 folhas.

Interpretação dos resultados da análise foliar do mirtilo

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,50	< 0,08	< 0,31	< 0,13	< 0,08
Abaixo do normal	1,50 - 1,79	0,08 - 0,11	0,31 - 0,34	0,13 - 0,39	0,08 - 0,11
Normal	1,80 - 2,10	0,12 - 0,40	0,35 - 0,65	0,40 - 0,80	0,12 - 0,25
Acima do normal	2,11 - 2,50	0,41 - 0,80	0,66 - 0,95	0,81 - 1,00	0,26 - 0,45
Excessivo	> 2,50	> 0,80	> 0,95	> 1,00	> 0,45
	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 20	< 5	< 60	< 23	< 8
Abaixo do normal	20 - 30	5 - 10	60 - 80	23 - 50	8 - 14
Normal	31 - 69	11 - 20	81 - 199	51 - 349	15 - 30
Acima do normal	70 - 200	21 - 100	200 - 400	350 - 450	31 - 80
Excessivo	> 200	> 100	> 400	> 450	> 80

Adubação orgânica

Aplicar em toda a área do pomar, se houver disponibilidade, 16 a 24 t/ha de esterco bovino ou 10 a 12 t/ha de cama de aves.

² Em fruticultura, "mulch" é um termo usado para indicar cobertura vegetal morta.

14.12 - MORANGUEIRO

Amostragem do solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes do plantio das mudas. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 40

Em cultivos para a indústria, aplicar a metade do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, 30 dias após o transplante das mudas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	260	200
Baixo	220	160
Médio	180	120
Alto	120	80
Muito alto	≤ 90	≤ 60

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar a 3ª e a 4ª folhas recém-desenvolvidas (sem pecíolo) de 30 plantas no início do florescimento.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de morangueiro

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	1,50 - 2,50	B	35 - 100
P	0,20 - 0,40	Cu	5 - 20
K	2,00 - 4,00	Fe	50 - 300
Ca	1,00 - 2,50	Mn	30 - 300
Mg	0,60 - 1,00	Mo	-
S	0,10 - 0,50	Zn	20 - 50

Doses de máximo retorno econômico

Para cultivos visando o consumo "in natura" (tipo mesa), obtém-se máximo retorno econômico com doses mais altas de fertilizantes, quando se utiliza toda a tecnologia recomendada, incluindo irrigação.

Fertirrigação

Sistema utilizado em cultivos de morango tipo mesa, com o fornecimento de nutrientes por meio de fertirrigação. Consultar o Capítulo 19 (p. 317) para informações sobre esse sistema de manejo.

14.13 - NOGUEIRA PECÃ

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem. Reamostrar o solo para análise na mesma camada a cada quatro anos para avaliar a disponibilidade de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	190	160
Baixo	160	130
Médio	130	100
Alto	100	80
Muito alto	≤ 100	≤ 60

Fazer a adubação de pré-plantio na instalação do pomar, de preferência a lanço com incorporação na camada de zero a 20 cm.

Adubação de crescimento

Nitrogênio

Ano	Nitrogênio g de N/planta
1º	90
2º	150
3º	300
4º	390
5º	510
6º	630

As quantidades de nitrogênio a aplicar a cada ano devem ser fracionadas em três vezes: 1/3 em setembro, 1/3 em novembro e o restante em fevereiro.

As quantidades e as épocas da adubação nitrogenada de crescimento são recomendadas para uma população estimada de 156 plantas/ha (espaçamento de 8 x 8 m). Nessa fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio. O fertilizante deve ser aplicado na projeção da copa das plantas e incorporado ao solo.

Adubação de manutenção

A partir do sétimo ano, a aplicação dos nutrientes deve ser feita com base na análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar anual, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo e adubações anteriores. Sempre que for recomendada a adubação fosfatada e/ou potássica de manutenção, esta deve ser feita antes do início da brotação (julho). A adubação nitrogenada deve ser parcelada em três partes iguais, em setembro, novembro e fevereiro. Quando o teor foliar de N for maior que 2,9%, reduzir a dose aplicada anteriormente, no mínimo, em 20% dependendo do grau de excesso; quando o teor de N for menor que 2,5%, aumentá-la em 20% ou mais, dependendo do grau de deficiência, sem, no entanto, ultrapassar a dose de 210 g de N por planta, por época. Quando o teor foliar de N estiver entre 2,5% e 2,9%, repetir a quantidade aplicada no ano anterior. Para os demais nutrientes, só é recomendada a aplicação quando o respectivo teor foliar estiver abaixo da faixa de teor adequado.

Os adubos devem ser distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa, formando uma coroa distanciada de 20 a 30 cm do tronco. Após 10 ou 12 anos de instalação do pomar, os adubos devem ser aplicados em toda a superfície, inclusive na área de projeção da copa. Como ocorre com outras fruteiras, a noqueira pecã não responde à aplicação anual de fertilizante fosfatado. Baixas respostas têm sido obtidas também com a aplicação de K, devido à baixa necessidade das plantas por este nutriente. Sempre que houver disponibilidade, deve-se utilizar adubos orgânicos em substituição à adubação mineral, compensando as quantidades a aplicar, conforme os critérios descritos no Capítulo 9.

Coleta de amostra para análise foliar

No mês de fevereiro, coletar o par central de folíolos das folhas localizadas na porção média dos ramos, nos quatro quadrantes das plantas. Coletar para cada amostra composta, aproximadamente 100 folíolos de, no mínimo, 8 plantas representativas da área amostrada.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de noqueira pecã

Nutriente	Faixa	Nutriente	Faixa
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	2,50 - 2,90	B	20 - 45
P	0,13 - 0,30	Cu	5 - 15
K	0,75 - 0,95	Fe	50 - 100
Ca	0,70 - 1,50	Mn	150 - 500
Mg	0,30 - 0,60	Zn	50 - 100

Adubação foliar

Caso sejam observados sintomas de deficiência de zinco, de manganês e de magnésio nas folhas, estes nutrientes podem ser supridos por duas pulverizações anuais, uma em setembro e a outra em fevereiro, utilizando os seguintes produtos e dosagens (por 100 L de água):

ZnSO ₄ .7H ₂ O.....	400 g
MnSO ₄ .4H ₂ O.....	200 g
MgSO ₄ .7H ₂ O.....	2 kg
Espalhante adesivo.....	100 mL
Água.....	100 L

No caso de serem observados sintomas de deficiência aguda de magnésio, podem ser feitas até cinco pulverizações por ano com este nutriente, espaçadas de um mês. Adubações ou aplicações foliares com zinco e com manganês devem ser feitas quando o teor foliar desses dois nutrientes forem menores que 25 mg/kg.

14.14 - PEREIRA

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camadas de zero a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, com a devida antecedência, para preparar o solo antes do plantio. Reamostrar o solo na camada de zero a 20 cm, a cada três ou quatro anos, para avaliar a disponibilidade de nutrientes e determinar a necessidade de calagem.

Calagem

A dose a aplicar deverá ser a soma da necessidade de calcário conforme o índice SMP para pH em água 6,0 (Tabela 6.2), para cada camada de solo amostrada. Para regiões em que o preparo total da área não é viável, pode-se fazê-lo em faixas de, no mínimo, 2,5 m de largura, calculando-se a dose de calcário proporcional à área a ser preparada. A relação adequada de Ca/Mg no solo varia de 3 a 5. Para atingir e manter estes valores, devem ser utilizados corretivos dolomítico e calcítico em proporção adequada.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	130	100
Baixo	100	75
Médio	70	50
Alto	40	25
Muito alto	0	0

De preferência, aplicar os adubos a lanço e incorporá-los na camada de zero a 40 cm, ou no mínimo na camada de zero a 20 cm. As quantidades indicadas de adubos fosfatado e potássico de pré-plantio são para a camada zero a 20 cm de profundidade. Aumentar as quantidades proporcionalmente à profundidade de incorporação. Quando o solo é preparado em faixas, calcular a dose de adubos proporcional à área a ser preparada. Aplicar entre 30 e 50 kg de bórax/ha na adubação de pré-plantio. Não é recomendado aplicar fosfatos naturais após a calagem ou em solos em que o pH for maior que 5,5.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio kg de N/ha	Época
1º	8	30 dias após a brotação
	8	60 dias após a brotação
	8	45 dias após a 2ª aplicação
2º	10	No inchamento das gemas
	10	60 dias após a 1ª aplicação
	10	45 dias após a 2ª aplicação
3º	15	No inchamento das gemas
	15	Na queda das pétalas
	15	Após a colheita

Na fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio, na área correspondente à projeção da copa. As doses de N podem ser alteradas com base no crescimento vegetativo esperado para a idade das plantas, na combinação porta-enxerto/copa e no sistema de plantio e condução, visando um bom desenvolvimento das plantas e a formação da estrutura de produção de frutos. Nessa fase, a análise foliar de N pode ser um indica-

tivo da disponibilidade e da absorção de N pelas plantas. São poucas as informações sobre adubação da pereira no sul do Brasil. As diferenças de manejo dos pomares podem indicar adubações diferentes, o mesmo ocorrendo em relação a cultivares de origem européia ou asiática (Nashi).

Adubação de manutenção

Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem ser baseados na análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica de solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, sistema de plantio e condução, adubações anteriores, produção, tratos culturais, distúrbios nutricionais e presença de sintomas de deficiência ou de toxidez. O P e o K de adubos minerais podem ser aplicados no período de repouso hibernar. Aplicar os adubos em faixa nas linhas das plantas, até 50 cm além da linha de projeção das copas. Aplicar de 50 a 70% do N em pós-colheita, entre 15 de março e 15 de abril, e o restante, no período de inchamento das gemas.

Na utilização de adubo orgânico, deve-se considerar que os excessos de N e de K podem predispor as pêras a distúrbios fisiológicos e diminuir sua conservabilidade, além de deixar as plantas mais suscetíveis ao ataque de doenças e de pragas. O adubo orgânico deve ser aplicado a aproximadamente 30 dias antes do início da brotação.

Coleta de amostra para análise foliar

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compôr a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 plantas representativas da área. A interpretação dos teores de nutrientes nas folhas para as pereiras européias e asiáticas (Nashi) é apresentada nas tabelas a seguir:

Interpretação dos resultados da análise foliar da pereira européia ⁽¹⁾

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,70	< 0,10	< 0,80	< 0,80	< 0,20
Abaixo do normal	1,70 - 1,99	0,10 - 0,14	0,80 - 1,19	0,80 - 1,09	0,20 - 0,24
Normal	2,00 - 2,50	0,15 - 0,30	1,20 - 1,50	1,10 - 1,70	0,25 - 0,45
Acima do normal	2,51 - 3,00	> 0,30	1,51 - 2,00	> 1,70	> 0,45
Excessivo	> 3,00	-	> 2,00	-	-
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 20	< 3	-	< 20	< 15
Abaixo do normal	20 - 29	3 - 4	< 50	20 - 29	15 - 19
Normal	30 - 50	5 - 30	50 - 250	30 - 130	20 - 100
Acima do normal	51 - 140	31 - 50	> 250	131 - 200	> 100
Excessivo	> 140	> 50	-	> 200	-

⁽¹⁾ Japão (1999).

Interpretação dos resultados de análise foliar para a pereira asiática (Nashi)⁽¹⁾

Cultivares Kosui e Housui

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 2,00	< 0,07	< 0,80	< 1,00	< 0,25
Normal	2,30 - 2,70	0,13 - 0,20	1,20 - 1,60	2,0 - 3,00	0,30 - 0,50
Excessivo	> 3,00	> 0,25	> 2,00	-	-
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	-	-	< 30	< 20	< 15
Normal	30 - 90	10 - 100	60 - 80	60 - 200	50 - 90
Excessivo	-	-	-	> 300	-

⁽¹⁾ Japão (1999).

Cultivar Nijisseiki

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 2,00	< 0,10	< 0,80	< 1,00	< 0,25
Normal	2,40 - 2,60	0,16 - 0,20	1,20 - 1,60	2,00 - 2,50	0,40 - 0,50
Excessivo	> 3,00	> 0,25	> 2,00	-	-
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	-	-	< 30	< 20	< 15
Normal	30 - 90	10 - 100	60 - 80	60 - 200	50 - 90
Excessivo	-	-	-	> 300	-

⁽¹⁾ Japão (1999).

Adubação foliar

Conforme o teor e as necessidades da cultura, podem ser feitas as seguintes aplicações:

Cálcio: três a cinco pulverizações quinzenais com CaCl_2 0,6%, nas plantas em produção, a partir do final de outubro. Em áreas com deficiência de N, pode ser usado o nitrato de cálcio 0,7%. O cultivar de pereira japonesa Nijisseiki tem apresentado o distúrbio fisiológico conhecido como degenerescência da polpa, em que a deficiência de Ca é uma das causas. As aplicações de cálcio visam melhorar a conservação dos frutos.

Magnésio: é comum a deficiência de Mg em pomares de pereira japonesa (Nashi), especialmente quando a disponibilidade de K no solo é alta. Nesses casos, fazer duas a três pulverizações quinzenais com $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a 2%, a partir do início de novembro.

Boro: em cultivares sensíveis à deficiência de B como a Nijisseiki, ou em casos de deficiência comprovada pela análise foliar, fazer duas a três pulverizações quinzenais com bórax 0,4% ou solubor 0,2%, a partir da queda das pétalas. Aplicar boro quando as flores estão no estágio de balão, se o objetivo for o de favorecer a fecundação e a frutificação efetiva.

Outros nutrientes só devem ser aplicados via foliar, se deficiência for comprovada visualmente ou pela análise foliar.

14.15 - PESSEGUEIRO E NECTARINEIRA

Amostragem do solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade, com a devida antecedência, para avaliar o teor de nutrientes e a necessidade de calagem. Reamostrar o solo para análise na mesma camada, a cada quatro anos para avaliar a disponibilidade de nutrientes e a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita, no mínimo, três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	90	100
Baixo	60	70
Médio	30	40
Alto	0	20
Muito alto	0	0

Na instalação do pomar, aplicar os adubos de pré-plantio de preferência a lanço, com incorporação na camada arável.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio kg de N/ha	Época
1º	10	30 dias após a brotação
	10	45 após a 1ª aplicação
	10	60 dias após a 2ª aplicação
2º	20	No início da brotação
	20	45 dias após a 1ª aplicação
	20	60 dias após a 2ª aplicação
3º	45	No início da brotação
	30	45 dias após a 1ª aplicação
	15	60 dias após a 2ª aplicação

As quantidades e épocas de aplicação de nitrogênio são recomendadas para uma população de 400 árvores/ha. Nesta fase de desenvolvimento do pomar, aplica-se somente nitrogênio. Aplicar o fertilizante na projeção da copa das plantas.

Adubação de manutenção

A partir do quarto ano, os nutrientes e as quantidades aplicadas devem ser estabelecidos com base na análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produção, espaçamento, etc. Sempre que for recomendada a adubação fosfatada e/ou potássica de manutenção, aplicar os nutrientes no início da brotação. As recomendações de adubação devem ser baseadas nos teores foliares, no crescimento dos ramos do ano e na produtividade esperada, conforme as Tabelas, 14.15.1, 14.15.2 e 14.15.3.

A adubação nitrogenada deve ser feita parceladamente com a aplicação de 50% do nitrogênio no início da floração, 30% após o raleio dos frutos e 20% após a colheita (aproximadamente um mês antes da queda normal das folhas). É recomendável o uso de adubo orgânico em substituição à adubação mineral, compensando as quantidades a aplicar, conforme os critérios descritos no Capítulo 9. Os adubos devem ser distribuídos ao redor das plantas, sob a projeção da copa, formando uma coroa distanciada 30 cm do tronco.

Tabela 14.15.1. Recomendação de adubação manutenção com nitrogênio para o pessegueiro e a nectarineira, com base no teor foliar, no crescimento dos ramos do ano e na produtividade esperada

Teor de N na folha	Crescimento dos ramos do ano (cm)			
	< 30		> 30	
	Produtividade (t/ha)		Produtividade (t/ha)	
	< 20	≥ 20	< 20	≥ 20
%	----- kg de N/ha -----			
< 1,90	100	120	60	80
1,90 - 2,57	60	80	60	80
2,58 - 3,25	40	60	40	60
3,26 - 3,90	MDAA	ADUAA	DMAA	MDAA
3,91 - 4,53	STAP	DMAA	0	STAP
> 4,53	0	0	0	0

MDAA = mesma dose do que ano anterior; ADUAA= aumentar a dose usada no ano anterior; DMAA = dose menor do que o ano anterior; STAP = suspender todas ou algumas parcelas.
Adaptado de Freire & Magnani (2001a).

Tabela 14.15.2. Indicação de adubação fosfatada para o pessegueiro e a nectarineira, em função do teor foliar

Teor de P na folha	Fósforo
%	kg de P ₂ O ₅ /ha
< 0,04	80 - 120
0,04 a 0,09	40 - 60
> 0,09 ⁽¹⁾	0

⁽¹⁾ Embora o teor de P considerado normal nas folhas de pessegueiro e nectarineira varie de 0,15 a 0,28% (ver p. 271), não é observada resposta destas culturas à aplicação de fertilizante fosfatado na região sul do Brasil, quando o teor de P é maior que 0,09%.

Adaptado de Freire & Magnani (2001b).

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar folhas completas (limbo + pecíolo) da parte média dos ramos do ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13^a e a 15^a semanas após a plena floração, independentemente do cultivar (precoce ou tardio). Se a época indicada para a coleta de amostras de folhas coincidir com o período de colheita de algum cultivar, ou após o mesmo, a coleta da amostra deverá ser antecipada em uma a duas semanas, de modo

Tabela 14.15.3. Recomendação de adubação potássica para o pessegueiro e a nectarineira, em função do teor foliar e produtividade esperada

Teor de K na folha	Potássio		
	Produtividade esperada (t/ha)		
	< 10	10 a 20	> 20
%	----- kg de K ₂ O/ha -----		
< 0,54	100	100	100
0,54 a 0,92	80	80	80
0,93 a 1,30	40	60	80
1,31 a 1,68	30	40	60
1,69 a 2,06	20	30	40
2,07 a 2,82	0	20	30
> 2,82	0	0	0

que a amostragem de folhas seja sempre feita antes da colheita dos frutos. Cada amostra deve ser composta de, aproximadamente, 100 folhas, podendo representar um grupo de plantas ou um pomar, dependendo da homogeneidade (Magnani et al., 1997).

Interpretação dos resultados da análise foliar do pessegueiro e da nectarineira⁽¹⁾

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,89	< 0,04	< 0,54	< 0,66	< 0,19
Abaixo do normal	1,89 - 3,25	0,04 - 0,14	0,54 - 1,30	0,66 - 1,63	0,19 - 0,51
Normal	3,26 - 4,53	0,15 - 0,28	1,31 - 2,06	1,64 - 2,61	0,52 - 0,83
Acima do normal	4,54 - 5,88	0,29 - 0,40	2,07 - 2,82	2,62 - 3,58	0,84 - 1,15
Excessivo	> 5,88	> 0,40	> 2,82	> 3,58	> 1,15
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 3	-	< 50	< 20	< 10
Abaixo do normal	3 - 33	< 6	50 - 99	20 - 30	10 - 23
Normal	34 - 63	6 - 30	100 - 230	31 - 160	24 - 37
Acima do normal	64 - 93	31 - 54	231 - 334	161 - 399	38 - 50
Excessivo	> 93	> 54	> 334	> 399	> 50

Manejo do solo

O manejo do solo e da cobertura vegetal, em pomar de pessegueiro, é feito, normalmente, pelo corte da vegetação espontânea nas entrelinhas e pela capina mecânica ou química nas linhas de plantas. O cultivo deve ser iniciado logo após o começo do ciclo vegetativo. O cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) nas entrelinhas de pomares, no inverno, retém mais a umidade do solo, obtendo-se maior produtividade com frutos de maior tamanho e maior peso médio, quando ocorrem primaveras secas, na região sul do Estado do Rio Grande do Sul. A palha da mesma deve ser deixada na linha das plantas, como cobertura morta. Para aumentar o rendimento de matéria seca da aveia preta, deve-se fazer uma adubação nitrogenada em cobertura ou introduzir no sistema de manejo um cultivo anterior com uma leguminosa de verão, como feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), por exemplo, para fixação do N do ar.

Adubação com boro

Na região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul, têm sido constatadas respostas à aplicação de boro na instalação dos pomares. Conforme a experiência local, no caso do teor de boro no solo ser menor que 0,1 mg/dm³, pode-se incorporar 10 kg de boro/ha juntamente com a calagem e a adubação de pré-plantio. Se o teor estiver entre 0,1 e 0,3 mg/dm³, aplicar 7,5 kg de boro/ha.

Produção integrada de pêssego (PIP)

O sistema de produção integrada de pêssego tem normas técnicas específicas e o processo produtivo é controlado por um programa de certificação oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de acordo com Instrução Normativa SARC nº 016 de 01 de dezembro de 2003 (Fachinello et al., 2003).

14.16 - QUIVIZEIRO

Amostragem de solo

Amostrar o solo nas camadas de zero a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade, seis meses antes do plantio do pomar. Em pomares já implantados, reamostrar o solo na profundidade de zero a 20 cm, a cada três a quatro anos, para avaliar a fertilidade e determinar a necessidade de calagem.

Calagem

A calagem deve ser feita, no mínimo, três meses antes da instalação do pomar. Adicionar a quantidade de calcário recomendada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 6.2), com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. Se houver condições e interesse de incorporá-lo à maior profundidade, as quantidades a aplicar devem ser ajustadas proporcionalmente. De preferência, utilizar calcário dolomítico.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	130	90
Baixo	100	70
Médio	70	50
Alto	40	35
Muito alto	0	0

De preferência, aplicar os adubos a lanço e incorporá-los na camada de zero a 40 cm, ou no mínimo na camada arável. As quantidades indicadas de adubos fosfatado e potássico de pré-plantio são para a camada de zero a 20 cm de profundidade. Portanto, deve-se aumentar as quantidades proporcionalmente à profundidade de incorporação. Quando o solo é preparado em faixas, calcular as doses de adubos proporcionalmente à área a ser preparada. Aplicar 20 kg de bórax/ha na adubação de pré-plantio. Não é recomendado aplicar fosfatos naturais após a calagem ou em solos com pH maior que 5,5.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Ano	Nitrogênio	Época
	kg de N/ha	
1º	10	20 dias após a brotação
	10	60 dias após a 1ª aplicação
	10	45 dias após a 2ª aplicação
2º	60	No inchamento das gemas
	30	60 dias após a 1ª aplicação
3º	100	No inchamento das gemas
	50	60 dias após a 1ª aplicação

Aplicar o adubo nitrogenado na área correspondente à projeção da copa. As doses de N podem ser alteradas conforme o crescimento vegetativo esperado para a idade das plantas, visando o desenvolvimento concomitante à formação da estrutura de produção. Nessa fase, a análise foliar de N pode ser um indicativo da disponibilidade e da absorção de N pelas plantas. Pode-se optar por adubo mineral ou orgânico. O quiveiro tem apresentado boa resposta à adubação orgânica.

Adubação de manutenção

Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem ser estabelecidos pela análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica de solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, sistema de condução, adubações anteriores, produção esperada, tratos culturais e presença de sintomas de deficiência ou de toxidez. Adubos minerais contendo P e K podem ser aplicados no período de repouso hibernar, em faixa nas linhas das plantas. Caso seja utilizado adubo orgânico, considerar sua composição e a necessidade da aplicação dos nutrientes.

O crescimento vigoroso do quiveiro requer controle da quantidade e bom manejo da adubação nitrogenada. Se o teor foliar estiver abaixo do normal ou se o vigor das plantas for deficiente, aplicar doses mais altas e de forma parcelada. Não aplicar P se o teor foliar deste nutriente for maior que 0,22%. O quiveiro em produção extrai muito potássio, mas não é necessário adicionar adubo potássico se o teor no solo for maior que 200 mg de K/dm³ ou se o teor foliar for maior que 2,8%. O adubo orgânico deve ser aplicado a aproximadamente 30 dias antes do início da brotação.

Na ausência de informações sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, do estado nutricional das plantas e de outras informações referentes ao pomar, pode-se

optar, como medida emergencial, pela aplicação de 6 kg de N (2/3 em setembro e 1/3 em novembro), 3 kg de P_2O_5 e 8 kg de K_2O para cada tonelada de produção prevista.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar a segunda folha normal com pecíolo, localizada depois dos frutos, em fevereiro. Cada amostra de uma área homogênea deve ser composta por 50 folhas (o volume será grande devido ao tamanho das folhas).

Interpretação dos resultados da análise foliar do quivizeiro

Interpretação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Insuficiente	< 1,50	< 0,12	< 1,50	< 2,00	< 0,10
Normal	2,20 - 2,80	0,18 - 0,22	1,80 - 2,50	3,00 - 3,50	0,30 - 0,40
Excessivo	> 5,50	> 1,00	-	-	-
Interpretação	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/kg -----				
Insuficiente	< 20	< 3	< 60	< 30	< 12
Normal	40 - 50	10 - 15	80 - 200	50 - 100	15 - 30
Excessivo	> 100	-	-	> 1500	> 1000

Adubação foliar

Somente aplicar nutrientes via foliar no quivizeiro se for constatada deficiência visual ou pela análise foliar. As adubações foliares podem ser feitas para corrigir possíveis deficiências de Mg e de Zn. Recomenda-se, entretanto, corrigir estas deficiências pela aplicação de adubos (ou calcário dolomítico) no solo. O quivizeiro é muito sensível ao excesso de boro. Este nutriente só deve ser aplicado via foliar se for comprovada a deficiência pela análise foliar.

14.17 - Videira

Amostragem de solo

Amostrar o solo na camada de zero a 20 cm de profundidade, para análise, antes da instalação do pomar. Em vinhedo já implantado, reamostrar o solo na mesma camada a cada três ou quatro anos, logo após a colheita, para reavaliar a fertilidade e determinar a necessidade de corretivos da acidez (fazer a análise completa, incluindo a determinação dos micronutrientes).

Calagem

A calagem deve ser feita no mínimo três meses antes do plantio das mudas. Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2) com incorporação na camada de zero a 20 cm de profundidade. No caso de ser necessária a calagem após a implantação do vinhedo, aplicar o calcário na superfície sem incorporação.

Fósforo e potássio

Adubação de pré-plantio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	150	90
Baixo	100	60
Médio	50	30

⁽¹⁾ Não é recomendada a adubação de pré-plantio com fósforo e potássio para as faixas de teor "Alto" e "Muito alto".

Os fertilizantes fosfatado e potássico indicados na adubação de pré-plantio devem ser aplicados a lanço na área total e incorporados na camada de zero a 20 cm de profundidade. Caso seja possível e for de interesse incorporá-los a uma profundidade maior, aumentar as doses proporcionalmente à camada adubada, com base na análise do solo na mesma profundidade de incorporação. Para o preparo do solo em faixas, calcular a dose de adubos proporcional à área a ser preparada. Aplicar de 30 a 50 kg/ha de bórax na adubação de pré-plantio. Não é recomendada a utilização de fosfatos naturais devido a sua baixa solubilidade, principalmente após a calagem ou em solos com pH maior que 5,5.

O teor adequado de boro no solo para a cultura da videira varia de 0,6 a 1,0 mg/dm³; portanto, se o teor no solo for menor que 0,6 mg/dm³, aplicar 10 kg de B/ha na adubação de pré-plantio. Após o estabelecimento do vinhedo, reaplicar boro somente se o teor na folha da videira for menor que 30 mg/kg.

Nitrogênio

Adubação de crescimento

Teor de matéria orgânica no solo	Época de aplicação de nitrogênio ⁽¹⁾		
	1º ano ⁽¹⁾	2º ano	3º ano
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	40	40	50
2,6 - 5,0	20	20	30
> 5,0	10	10	0

⁽¹⁾ Ano de plantio do porta-enxerto. Muda enxertada: considerada a partir do 2º ano.

Adubação de manutenção

Nitrogênio para uvas viníferas

Interpretação do teor de N no tecido vegetal ⁽¹⁾		Produtividade esperada	Nitrogênio a aplicar
Folhas completas	Pecíolos		
		t/ha	kg de N/ha
Abaixo do normal	Abaixo do normal	> 25	40 - 50
		15 - 25	20 - 40
		< 15	10 - 20
Normal	Normal	> 25	25 - 50
		15 - 25	15 - 25
		< 15	0 - 15
Acima do normal	Excessivo	> 25	0
		15 - 25	0
		< 15	0

⁽¹⁾ Ver itens: "Épocas e parcelamento da adubação (manutenção)" na p. 279; e "Interpretação dos resultados da análise de tecido da videira" na p. 281.

A adubação de manutenção com nitrogênio (orgânica ou mineral) é recomendada somente quando o crescimento vegetativo estiver abaixo do esperado. O excesso de nitrogênio pode prejudicar a floração/frutificação, tornar a planta mais suscetível a doenças e prejudicar a qualidade dos frutos, especialmente em uvas para vinho.

A dose a ser aplicada depende da finalidade a que se destina a produção. Em uvas viníferas, a dose deve ser mais baixa (zero a 50 kg de N/ha) para não afetar a qualidade do vinho. Em uvas de mesa, a dose pode ser maior (zero a 100 kg de N/ha), tendo em vista a produtividade mais elevada.

A adubação nitrogenada deverá ser dividida em duas parcelas, sendo a primeira aplicada por ocasião do início da brotação, e a segunda logo após a fecundação (baga com tamanho de chumbinho). O fertilizante nitrogenado deve ser distribuído em faixas de 15 a 20 cm de largura entre as linhas de plantas, mantendo-se uma distância de 40 a 50 cm das mesmas.

Fósforo

Interpretação do teor de P no tecido vegetal		Fósforo a aplicar
Folhas completas	Pecíolos	
		kg de P ₂ O ₅ /ha
Abaixo do normal	Abaixo do normal	40 - 80
Normal	Normal	0 - 40
Acima do normal	Excessivo	0

⁽¹⁾ Ver itens: "Épocas e parcelamento da adubação (manutenção)" na p. 279; e "Interpretação dos resultados da análise de tecido da videira" na p. 281.

A adubação de manutenção com fósforo para a videira depende do teor de P nas plantas (folhas completas e pecíolos), considerando-se os fatores locais (cultivar, histórico da área, produtividade esperada) para fins de ajustamentos, e deve ser feita no período hibernar, de preferência nos meses de junho a agosto.

Potássio

Interpretação do teor de K no tecido vegetal ⁽¹⁾		Produtividade esperada	Potássio a aplicar
Folhas completas	Pecíolos		
		t/ha	kg de K ₂ O/ha
Abaixo do normal	Abaixo do normal	> 25	120 - 140
		15 - 25	80 - 120
		< 15	60 - 80
Normal	Normal	> 25	40 - 60
		15 - 25	20 - 40
		< 15	0 - 20
Acima do normal	Excessivo	> 25	0
		15 - 25	0
		< 15	0

⁽¹⁾ Ver itens: "Épocas e parcelamento da adubação (manutenção)"; e "Interpretação dos resultados da análise de tecido da videira" na p. 281.

A adubação de manutenção com potássio para a videira depende do teor nas folhas e nos pecíolos e da produtividade esperada, devendo ser ajustada conforme o cultivar e o histórico da área, entre outros fatores. À semelhança da adubação fosfatada, deve ser feita no período hibernar, de preferência nos meses de junho a agosto. Requer cuidados especiais, tendo em vista que a videira é sensível ao desequilíbrio nutricional entre o potássio, o cálcio e o magnésio. O excesso de potássio favorece a elevação do pH do vinho, principalmente nos vinhos tintos; em casos de deficiências, ocorre o inverso.

Épocas e parcelamento da adubação (manutenção)

Época de aplicação	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- % da dose -----		
10 dias antes da poda de inverno	-	75	60
10 dias após início da brotação	50	25	40
40 dias após início da brotação	25	-	-
70 dias após início da brotação	25	-	-

Quantidades de cama de aves (ou adubos orgânicos) a aplicar em manutenção⁽¹⁾

Teor de matéria orgânica no solo	Cama de aves	
	Uva para vinho	Uva para mesa
%	----- t/ha -----	
≤ 2,5	3,0	6,0
2,6 - 3,5	2,0	4,0
3,6 - 5,0	1,0	2,0
> 5,0	0	0

⁽¹⁾ Expressas em matéria seca.

As quantidades indicadas de cama de aves devem ser aplicadas a cada dois anos, podendo ser alteradas de acordo com a composição química do material utilizado. O teor de nitrogênio do adubo orgânico e a sua eficiência devem ser avaliados, para evitar adições excessivas deste nutriente, conforme as orientações dadas no Capítulo 9. O composto orgânico deve ser previamente fermentado. A aplicação dos adubos orgânicos deve ser feita no período hibernar (julho a agosto).

Coleta de amostras para análise de tecido

Colher aproximadamente 100 folhas completas por amostra de, no mínimo, 20 plantas representativas da área. A análise pode ser feita nas folhas completas (pecíolo + limbo) ou apenas nos pecíolos com a respectiva interpretação dos resultados (tabelas a seguir). No caso de amostragem de pecíolos, estes devem ser coletados das folhas recém-maduras, ou seja, das folhas mais novas que já completaram o crescimento. No caso de folhas inteiras, coletar a folha oposta ao primeiro cacho do ramo frutífero amostrado. As folhas completas (pecíolo + limbo) ou os pecíolos devem ser coletados no início de maturação (mudança de cor das bagas). Os resultados de análise de pecíolos são mais adequados para a avaliação da absorção de fósforo e de potássio. Os resultados de análise de folhas completas têm maior sensibilidade para as avaliações de boro e de nitrogênio. Recomenda-se fazer a análise de tecido periodicamente (a cada quatro anos) em caso de normalidade, e anualmente se forem observados problemas nutricionais. Utilizar a análise de solo concomitantemente à análise de tecido para estabelecer as recomendações de adubação.

Interpretação dos resultados da análise de tecido da videira

Macronutrientes

Material	Interpretação	Macronutrientes					Rel. K/Mg
		N	P	K	Ca	Mg	
----- % -----							
Pecíolos	Insuficiente	< 0,4	< 0,09	< 0,8	< 0,5	< 0,15	< 1
	Abaixo do normal	0,4-0,65	0,09-0,15	0,8-1,5	0,5-1,0	0,15-0,25	1-3
	Normal	0,66-0,95	0,16-0,25	1,51-2,5	1,01-2,0	0,26-0,50	4-7
	Acima do normal	0,96-1,25	0,26-0,40	2,51-3,5	2,01-3,0	0,51-0,70	8-10
	Excessivo	> 1,25	> 0,40	> 3,5	> 3,0	> 0,70	> 10
Folhas completas	Abaixo do normal	< 1,6	< 0,12	< 0,8	< 1,6	< 0,2	-
	Normal	1,6-2,4	0,12-0,40	0,8-1,6	1,6-2,4	0,2-0,6	-
	Acima do normal	> 2,4	> 0,4	> 1,6	> 2,4	> 0,6	-

Micronutrientes

Material	Interpretação	B	Fe	Mn	Zn
		----- mg/kg -----			
Pecíolos	Insuficiente	< 15	< 15	< 20	< 15
	Abaixo do normal	15-22	15-30	20-35	15-30
	Normal	23-60	31-150	36-900	31-50
	Acima do normal	61-100	151-300	901-1500	51-100
	Excessivo	> 100	> 300	> 1500	> 100
Folhas completas	Abaixo do normal	< 30	< 60	< 20	< 25
	Normal	30-65	60-180	30-300	25-60
	Acima do normal	> 65	> 180	> 300	> 60

Produção integrada de uvas finas de mesa (PI Uva)

O sistema de produção integrada de uvas finas de mesa tem normas técnicas específicas e o processo produtivo é controlado por um programa de certificação oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme a Instrução Normativa SARC nº 003 de 17 de fevereiro de 2003 (Brasil, 2003).

ESSÊNCIAS FLORESTAIS

As essências florestais têm grande importância na agricultura moderna, tanto na utilização racional do solo inadequado para outros usos (áreas muito declivosas), como fonte de energia, de material de construção, de produtos industriais ou de alimentos (araucária).

Áreas cultivadas com espécies para aproveitamento industrial são adequadas para o descarte de resíduos com potencial poluente (lodos de estações de tratamento de efluentes, lamas, aparas de couros, minérios, etc.). Neste caso, recomenda-se:

- a) adotar medidas de controle à erosão superficial para evitar o carreamento dos resíduos até os cursos d'água;
- b) respeitar os limites de aplicação de metais especificados pela legislação (ver item 9.7);
- c) promover o crescimento do sub-bosque para controle da erosão, fixação do resíduo no solo e melhoria das condições de composição do mesmo.

15.1 - ACÁCIA-NEGRA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2). As respostas à calagem têm sido atribuídas mais ao suprimento adequado de cálcio e de magnésio ao solo do que à neutralização do alumínio e/ou do manganês.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Reposição
%	- - - - kg de N/ha - - - -	
≤ 2,5	45	30
2,6 - 5,0	25	15
> 5,0	≤ 10	0

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo		Potássio	
	Plantio	Reposição	Plantio	Reposição
	- - - kg de P ₂ O ₅ /ha - - -		- - - - kg de K ₂ O/ha - - - -	
Muito baixo	120	45	95	120
Baixo	90	30	70	100
Médio	60	20	55	80
Alto	30	15	35	60
Muito alto	≤ 30	≤ 15	≤ 35	≤ 60

A adubação de plantio deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio (banda), na instalação do povoamento. Tais modos de aplicação são mais eficientes e de menor custo, além de reduzirem as necessidades de tratamentos culturais. As adubações nitrogenada e potássica devem ser feitas em duas etapas, no plantio e 45 dias após.

Adubações de crescimento e de reposição

A acácia, por ser leguminosa, não necessita de nitrogênio na fase de crescimento. Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita a adubação de reposição.

15.2 - ARAUCÁRIA

Calagem

A calagem é recomendada para solos muito ácidos ($\text{pH} < 5,0$) ou quando os teores de Ca e de Mg forem baixos (Tabela 6.6). Nesse caso, aplicar o calcário antes do plantio, juntamente com a adubação.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Reposição
%	----- kg de N/ha -----	
$\leq 2,5$	40	40
2,6 - 5,0	30	30
$> 5,0$	≤ 20	20

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$
Muito baixo	110	60
Baixo	90	40
Médio	60	30
Alto	30	20
Muito alto	≤ 30	≤ 20

Recomenda-se colocar o adubo de plantio próximo à muda. O adubo pode ser aplicado na cova ou no sulco. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com a terra para evitar danos à raiz das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio, aberto pelo sulcador.

Além do solo, deve-se considerar em reflorestamentos com *Araucaria angustifolia*, o relevo e o clima, este principalmente em relação à quantidade de precipitação no período seco.

15.3 - BRACATINGA

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2). As respostas à calagem têm sido mais atribuídas ao suprimento adequado de cálcio e de magnésio ao solo do que à neutralização do alumínio e/ou do manganês.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Reposição
%	- - - - kg de N/ha - - - -	
≤ 2,5	25	20
2,6 - 5,0	15	10
> 5,0	≤ 0	0

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo		Potássio	
	Plantio	Reposição	Plantio	Reposição
	- - - kg de P ₂ O ₅ /ha - - -		- - - kg de K ₂ O/ha - - -	
Muito baixo	60	35	85	90
Baixo	45	25	65	70
Médio	30	15	45	50
Alto	15	10	30	30
Muito alto	≤ 15	≤ 10	≤ 30	≤ 30

A adubação de plantio deve ser feita na cova ou no sulco de plantio (banda), na instalação do povoamento. A aplicação dos adubos desse modo é mais eficiente e de menor custo, além de reduzir as necessidades de tratamentos culturais.

Adubação de crescimento e de reposição

Não há necessidade de adubação de crescimento com nitrogênio, por ser uma planta leguminosa. Após o corte e a retirada da madeira, deve-se fazer a adubação de reposição.

15.4 - ERVA-MATE

Calagem

A calagem é recomendada quando os teores de Ca ou de Mg forem baixos (Tabela 6.6).

Nitrogênio

Adubações de plantio, de cobertura e de reposição

Teor de matéria orgânica no solo	Plantio	Cobertura	Reposição		
			Expectativa de rendimento (t/ha) ⁽¹⁾		
			< 6	6 a 12	> 12
%	----- kg de N/ha -----				
≤ 2,5	40	30	30	60	90
2,6 - 5,0	30	20	20	50	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 30	≤ 50

⁽¹⁾ Massa verde por hectare.

Fósforo

Adubação de plantio e de reposição

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo	
	Plantio	Reposição
	- - - kg de P ₂ O ₅ /ha - - -	
Muito baixo	30	20
Baixo	20	20
Médio	≤ 20	20
Alto	-	20
Muito alto	-	≤ 20

Potássio

Adubação de plantio, cobertura e reposição

Interpretação do teor de K no solo	Plantio	Cobertura	Reposição de potássio		
			Expectativa de rendimento (t/ha) ⁽¹⁾		
			< 6	6 a 12	> 12
----- kg de K ₂ O/ha -----					
Muito baixo	40	30	50	80	100
Baixo	30	20	40	70	90
Médio	20	10	30	60	80
Alto	10	≤10	20	40	60
Muito alto	≤ 10	0	≤ 20	≤ 40	≤ 60

⁽¹⁾ Massa verde por hectare.

Adubação de plantio

O adubo pode ser aplicado na cova ou no sulco. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com a terra para evitar danos à raiz das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio, aberto pelo sulcador. Deve-se dar preferência a adubos orgânicos.

Adubação de cobertura

Embora não seja uma prática comum, a adubação de cobertura é indicada, pois ela complementa a adubação de semeadura. A adubação de cobertura é feita a aproximadamente três meses após o plantio. O adubo é distribuído ao lado das plantas, em faixas ou em coroamento. Após a aplicação é recomendado cobri-lo com terra.

Adubação de reposição

Indicada para suprir os nutrientes exportados pela colheita da erva-mate, devendo ser aplicada após a mesma.

Expectativas de rendimento:

< 6 t/ha de massa verde: ervais com baixa tecnologia de manejo, baixa densidade de plantas/ha, sem poda de formação, sem controle de invasoras e podas de produção a cada dois anos.

6 a 12 t/ha de massa verde: ervais com média tecnologia de manejo;

> 12 t/ha de massa verde: ervais com alta tecnologia de manejo, alta densidade de plantas (2.200 plantas/ha), com poda de formação anual, com controle de invasoras e de pragas e com podas de produção anuais.

15.5 - EUCALIPTO

Calagem

A calagem é recomendada quando o solo for muito ácido ($\text{pH} < 5,0$) ou quando apresentar teores baixos de Ca e de Mg. O objetivo é elevar o pH do solo a 5,5 e a saturação por bases a 65% (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Adubação de plantio e de cobertura

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Cobertura
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	30	20
2,6 - 5,0	15	15
> 5,0	10	10

Fósforo e potássio

Adubação de plantio, cobertura e reposição

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio		
		Plantio	Cobertura	Reposição
	kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	----- kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ -----		
Muito baixo	120	40	20	50
Baixo	90	30	15	30
Médio	60	20	10	0
Alto	30	≤ 20	0	0
Muito alto	≤ 30	0	0	0

Adubação de plantio

Pode ser feita na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com a terra para evitar danos à raiz das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio, aberto pelo sulcador.

Adubação de cobertura e de reposição

Embora não seja uma prática comum, a adubação de cobertura é indicada pois ela complementa a adubação de plantio. No caso de não ser feita a adubação de cobertura, as quantidades recomendadas para plantio e cobertura devem ser aplicadas no plantio. A adubação de cobertura é feita entre três e seis meses após o plantio. O adubo é distribuído ao lado das plantas, em faixas ou em coroamento. Após a aplicação é recomendado cobri-lo com terra.

A adubação de reposição é feita após o corte e a retirada de madeira por ocasião do desbaste, dependendo do manejo.

Coleta de amostra para análise foliar

Coletar, em árvores dominantes, folhas recém-maduras do meio da copa (4^a a 6^a folha a partir das pontas dos ramos), durante o verão. A amostra deve conter folhas de pelo menos dez árvores. Ainda não há dados suficientes para a interpretação da análise foliar.

15.6 - PINUS

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para elevar o pH do solo a 5,5 (Tabela 6.2). De preferência, utilizar calcário dolomítico. As respostas à calagem têm sido atribuídas mais ao suprimento de cálcio e de magnésio ao solo do que à neutralização do alumínio e/ou do manganês.

Nitrogênio

Adubação de plantio e de reposição

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Reposição
%	- - - - kg de N/ha - - - -	
≤ 2,5	20	20
2,6 - 5,0	15	15
> 5,0	0	0

Fósforo e potássio

Adubação de plantio e de reposição

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio	
		Plantio	Reposição
	kg de P ₂ O ₅ /ha	- - - - - kg de K ₂ O/ha - - - - -	
Muito baixo	80	30	20
Baixo	60	20	10
Médio	30	10	10
Alto	20	10	0
Muito alto	≤ 20	≤ 10	0

Adubação de plantio

Deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio (banda), na instalação dos povoamentos. Tais formas de aplicação são mais eficientes e de menor custo, além de reduzirem as necessidades de tratamentos culturais.

Adubação de reposição

Indicada para suprir os nutrientes exportados pela exploração florestal, devendo ser aplicada após o corte e retirada da madeira, ou por ocasião do desbaste, dependendo do manejo.

Coleta de amostras para análise foliar

Coletar, em árvores dominantes, acículas do segundo verticilo, no terço superior da copa. A amostra deve conter material de, no mínimo, 5 plantas. Ainda não há dados seguros para a interpretação da análise foliar.

PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES

As plantas medicinais, aromáticas e condimentares consistem no grupo de organismos produtores e acumuladores de metabólitos biologicamente ativos. Conforme a estrutura química dos mesmos, podem ser agrupados como alcalóides, taninos, óleos voláteis, etc. Essas substâncias apresentam importância econômica pela possibilidade de produção e elaboração de derivados com alto valor agregado. Como exemplos, podem ser citados: a produção de matéria-prima para medicamentos, condimentos e condicionadores; as indústrias de alimentos, de cosméticos, de perfumes e de domissanitários; o uso alternativo de espécies no manejo de agroecossistemas e o desenvolvimento de produtos fitossanitários.

O grupo das plantas medicinais, aromáticas e condimentares apresenta características diferentes das demais espécies agrícolas porque os produtos de interesse são os metabólitos biologicamente ativos (princípios ativos) produzidos e acumulados pelo vegetal. Assim, não é somente o ganho em biomassa, por área de cultivo, que caracteriza uma produção bem sucedida, mas também o conteúdo qualitativo e quantitativo dos princípios ativos de maior interesse econômico. Mesmo quando a biomassa obtida como matéria prima constitui o próprio produto final para ser consumido "in natura" (ervas finas para culinária, como estragão, salsas, cebolinhas, folhas de endro, etc.) ou seco (chás, condimentos, ervas para travesseiros aromáticos, etc.) a qualidade final dos produtos dependerá do tipo e do teor dos princípios ativos.

O efeito dos fertilizantes e dos corretivos de acidez do solo na produção de princípios ativos, por unidade de área, é difícil de ser quantificado, devido à pequena disponibilidade de resultados de pesquisa. No entanto, experimentos em condições controladas têm mostrado que a correção da acidez do solo e a adição de fertilizantes podem influenciar a qualidade e a produção dos princípios ativos.

Na elaboração das tabelas de adubação e das indicações de calagem apresentadas neste capítulo foram utilizados os conhecimentos obtidos na experiência local e na bibliografia (Raij et al., 1997).

Os seguintes itens devem ser considerados:

a) Adubação orgânica

A utilização de adubo orgânico de boa qualidade é preferível à adubação mineral no plantio. O cálculo das quantidades a utilizar é mostrado no Capítulo 9 (item 9.3 e 9.4).

b) Adubação por cova

Nas tabelas são apresentadas as quantidades de adubo e de calcário a serem aplicados por hectare (à exceção do urucum). Na adubação em covas, esta quantidade deve ser fracionada conforme o número de covas. Recomenda-se, entretanto, incorporar o calcário até 20 cm em toda a área.

c) Análise foliar

Embora não se disponha de parâmetros para a interpretação do teor de nutrientes para essas espécies, a análise foliar pode ser utilizada quando forem observados sintomas de possíveis distúrbios nutricionais. Coleta-se, neste caso, amostras pareadas de folhas maduras, para comparação dos resultados, isto é: folhas de plantas com e sem os sintomas, da mesma espécie (variedade), em local próximo, solo semelhante, etc.

d) Recomendações de adubação

Nas tabelas são apresentadas as recomendações de adubação fosfatada e potássica para três classes: "Baixo", "Médio" e "Alto". A classe "Baixo" corresponde à interpretação de valores analíticos das classes "Muito baixo" e "Baixo"; a classe "Alto" corresponde à interpretação dos valores analíticos das classes "Alto" e "Muito alto" (Tabelas 5.3 e 5.4). Para valores analíticos menores que $\frac{1}{2}$ do intervalo da classe "Baixo", as quantidades de fósforo e de potássio recomendadas podem ser aumentadas.

16.1 - ALFAVACA**Espaçamento**

0,20 a 0,30 m por 0,50 a 0,70 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 30

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 120	≥ 80
Médio	80	50
Alto	≤ 40	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.2 - CALÊNDULA**Espaçamento**

0,20 a 0,30 m por 0,50 a 0,70 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2)

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 120	≥ 80
Médio	80	50
Alto	≤ 40	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.3 - CAMOMILA

Espaçamento

0,20 x 0,30 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤ 40

Aplicar metade no plantio e o restante em cobertura, 30 dias após.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 90	≥ 80
Médio	60	50
Alto	≤ 30	≤ 20

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.4 - CAPIM-LIMÃO CITRONELA-DE-JAVA PALMA-ROSA

Espaçamento

Capim-limão e citronela de Java: 0,5 a 0,6 m por 1 a 1,2 m (13.000 a 20.000 mudas/ha);

Palma-rosa: 0,4 a 0,6 m por 0,8 a 1,2 m (15.000 a 32.000 mudas/ha).

Calagem

Utilizar a indicação de calagem para a saturação por bases de 50% (calculada conforme o item 6.1.2, p. 59).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤ 40

Aplicar o nitrogênio 30 dias após o plantio; após cada corte, aplicar 60 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 80	≥ 80
Médio	60	50
Alto	≤ 30	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.5 - CARDAMOMO

Espaçamento

2,5 x 3 m ou 3 x 3,0 m (1.150 a 1.350 mudas/ha).

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingindo pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 40

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, após 30 dias. Após cada corte, aplicar 50 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 90	≥ 80
Médio	60	50
Alto	≤ 30	≤ 25

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.6 - CARQUEJA

Espaçamento

0,2 a 0,3 m X 0,5 a 0,7 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingindo pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, após 30 dias. Após cada corte, aplicar 70 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 90	≥ 90
Médio	60	60
Alto	≤ 30	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.7 - CHÁ

Espaçamento

0,5 a 0,8 m x 1,5 a 1,8 m (6.700 a 11.000 mudas/ha).

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada para a saturação por bases de 50% (calculada conforme o item 6.1.2, p. 59) e o teor de Mg maior que 0,5 cmol_c/dm³.

Adubação de plantio

Utilizar 1 dm³ de adubo orgânico de boa qualidade e 15 g de P₂O₅ por cova.

Adubação de formação (1º ano)

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	90
> 5,0	≤ 60

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 40	≥ 50
Médio	30	40
Alto	≤ 20	≤ 20

A adubação deve ser parcelada em três vezes, iniciando entre 30 e 40 dias após a brotação das mudas.

Adubação de produção

Aplicar o dobro das quantidades de adubos utilizadas na adubação de formação, parceladas em três vezes (agosto, dezembro e março). Aplicar anualmente 40 kg de S/ha.

16.8 - COENTRO E SALSA

Espaçamento

0,10 a 0,15 m x 0,30 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	110
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 50

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, após 30 dias. Após cada corte, aplicar 50 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 90	≥ 90
Médio	60	60
Alto	≤ 30	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.9 - CURCUMA

Espaçamento

2,5 x 3 m ou 3 x 3,0 m (1.150 a 1.350 mudas/ha).

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 40

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, após 30 dias. Após cada corte, aplicar 70 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 90	≥ 80
Médio	60	50
Alto	≤ 30	≤ 25

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.10 - ERVA-DOCE E FUNCHO

Espaçamento

0,2 a 0,3 m X 0,5 a 0,7 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 30

Aplicar 1/3 do N no plantio e o restante em duas vezes, a 20 e 60 dias após.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 100	≥ 70
Médio	70	50
Alto	≤ 40	≤ 30

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.11 - ESTÉVIA

Espaçamento

0,25 m x 0,4 a 0,5 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤ 30

Aplicar 1/3 do N no plantio e o restante 20 a 30 dias após o transplante. A cada corte aplicar 50 a 70 kg de N/ha por tonelada de folhas secas colhidas. Aplicar 30% após o corte e 70% 20 dias após a 1ª aplicação.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 130	≥ 110
Médio	60	70
Alto	≤ 30	≤ 40

Após cada corte, aplicar de 15 a 20 kg de P₂O₅/ha e 30 a 50 kg de K₂O/ha, por tonelada de folhas secas colhidas.

16.12 - HORTELÃS**Espaçamento**

0,2 a 0,3 m x 0,6 a 0,7 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/2 do N no plantio e o restante 30 dias após. Após cada corte, aplicar 30 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 120	≥ 90
Médio	80	60
Alto	≤ 40	≤ 30

Após cada corte, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.13 - GENGIBRE**Espaçamento**

0,2 a 0,3 m x 0,5 a 0,7 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 5,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 40

Aplicar 1/4 no plantio e 1/4 em cada uma das três amontoas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 200	≥ 100
Médio	120	70
Alto	≤ 60	≤ 40

Aplicar mais 70 kg de K₂O/ha em cada amontoa.

16.14 - PIRETRO

Espaçamento

0,4 m x 0,6 a 0,8 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,5 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/4 no plantio e o restante em 3 vezes, aos 30, 60 e 90 dias.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 120	≥ 90
Médio	80	60
Alto	≤ 40	≤ 30

Nos anos seguintes, adicionar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto".

16.15 - URUCUM

Espaçamento

0,25 m x 0,4 a 0,5 m.

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de material orgânico no solo	Nitrogênio		
	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
%	----- g de N/cova -----		
≤ 2,5	30	90	80
2,6 - 5,0	20	60	50
> 5,0	10	30	20

Fósforo

Interpretação do teor de P do solo	Fósforo		
	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
	----- g de P ₂ O ₅ /cova -----		
Baixo	30	90	80
Médio	20	60	50
Alto	10	30	20

Potássio

Interpretação do teor de K do solo	Potássio		
	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
	----- g de K ₂ O/cova -----		
Baixo	30	90	80
Médio	20	60	50
Alto	10	30	20

⁽¹⁾ Adubação de plantio: aplicar as quantidades indicadas na cova (N, P₂O₅ e K₂O), mais 10 g de N/planta aos 20, 60 e 90 dias após o plantio. Se possível, misturar 5 dm³ de adubo orgânico por cova.

⁽²⁾ Adubação de formação (2º e 3º anos): aplicar as quantidades indicadas em três vezes, no período de setembro a abril.

⁽³⁾ Adubação de produção (a partir do 4º ano): aplicar as quantidades indicadas em duas vezes, em círculo excedendo em 1/3 a projeção da copa.

16.16 - VETIVER

Espaçamento

0,9 a 1,2 m x 0,3 a 0,5 m (18.000 a 39.000 mudas/ha).

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	50
2,6 - 5,0	30
> 5,0	≤ 10

Aplicar 1/4 no plantio e 1/4 em cada uma das três amontoas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Baixo	≥ 60	≥ 40
Médio	40	30
Alto	≤ 20	≤ 20

Nos anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicados para a faixa de teor "Alto".

PLANTAS ORNAMENTAIS

Diversos fatores contribuem para o desenvolvimento das flores e das plantas ornamentais, como o cultivar, o ambiente, a sanidade e a nutrição mineral. A nutrição mineral contribui para assegurar a beleza das flores e das plantas produzidas. Como grande parte dos cultivos são feitos em estufas, o manejo da adubação afeta a qualidade do produto.

Existe uma grande diversidade de plantas ornamentais e de flores, requerendo manejo específico de adubação, com diferentes exigências de nutrientes para os substratos utilizados, cultivares e ambientes de cultivo.

Serão apresentadas, a seguir, as indicações técnicas de adubação para o crisântemo e a roseira de corte, espécies que representam mais de 50% do mercado de flores cortadas. Essas espécies são muito exigentes em fertilidade do solo, sendo o equilíbrio entre os nutrientes, fator muito importante para o desenvolvimento e a qualidade das flores.

17.1 - CRISÂNTEMO DE CORTE

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2).

Nitrogênio (plantio)

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	75
> 5,0	≤ 50

O fertilizante de cobertura não deve ser aplicado sobre as plantas, para evitar queima por contato.

Fósforo e potássio (plantio)⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	80	140
Baixo	60	120
Médio	40	100
Alto	30	80
Muito alto	≤ 30	≤ 80

⁽¹⁾ As indicações de adubação pressupõem uma população entre 64 e 80 plantas/m².

Adubação de cobertura

Aplicar na forma de fertirrigação. Essa prática é recomendada para fins de suprimento de nitrogênio e de potássio, devendo ser utilizados produtos solúveis em água, observando-se as seguintes especificações: (a) até a formação do botão, utilizar 150 mg/L de N e 100 mg/L de K₂O; (b) após formação do botão, utilizar 100 mg/L de N e 150 mg/L de K₂O. Iniciar as aplicações duas semanas após o plantio. No caso de plantio a campo, repetir as aplicações a cada duas semanas ou a cada três semanas no caso de plantios em estufa. Utilizar 10 litros da solução por metro quadrado de canteiro em cada aplicação.

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de crisântemo de corte⁽¹⁾

Nutriente	Faixas	Nutriente	Faixas
	- - - % - - -		- - mg/kg - -
N	4 - 6	B	25 - 75
P	0,25 - 1	Cu	6 - 30
K	4 - 6	Fe	50 - 250
Ca	1 - 2	Mn	50 - 250
Mg	0,25 - 1	Mo	-
S	0,25 - 0,7	Zn	20 - 250

⁽¹⁾ Coletar 15 folhas totalmente expandidas de plantas maduras.

17.2 - ROSEIRA DE CORTE

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2). Se possível, incorporar o calcário até 40 cm, ajustando a dose até esta profundidade.

Nitrogênio (plantio)

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 60

Fósforo e potássio (plantio)

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	480	400
Baixo	320	300
Médio	280	150
Alto	200	80
Muito alto	≤ 200	≤ 80

As indicações de adubação pressupõem uma população entre 6 e 8 plantas/m². A adubação básica com NPK é recomendada para ser incorporada ao solo, preferencialmente, até 40 cm de profundidade.

Adubação de cobertura

Aplicar por fertirrigação, utilizando adubos solúveis em água com formulação N, P e K na proporção de 1 : 0,3 : 1,3, na dosagem de 2 g/L e 10 litros da solução por m². Recomenda-se aplicações semanais para roseiras a campo e aplicações a cada duas semanas para roseiras cultivadas em estufa, devendo ser continuadas durante o período de produção.

Adubação a lanço para plantio a campo

Utilizar a formulação NPK na proporção de 1:0,3:1,3, na dose de 100 kg/ha entre as linhas de plantio a cada três semanas.

Adubação com micronutrientes

Aplicar boro duas vezes ao ano na dose de 0,5 g de B/m².

Faixas de valores de nutrientes considerados adequados em folhas de roseira de corte⁽¹⁾

Nutriente	Faixas	Nutriente	Faixas
	--- % ---		-- mg/kg --
N	3 - 5	B	30 - 60
P	0,25 - 0,5	Cu	7 - 25
K	1,5 - 3	Fe	60 - 200
Ca	1 - 2	Mn	30 - 200
Mg	0,25 - 0,5	Mo	-
S	0,25 - 0,7	Zn	18 - 100

⁽¹⁾ Coletar folhas totalmente expandidas de 15 plantas maduras.

OUTRAS CULTURAS COMERCIAIS

Foram agrupadas, neste capítulo, a cultura da cana-de-açúcar e a do fumo, que apresentam algumas características de manejo e adubação semelhantes às produtoras de grãos.

A cana-de-açúcar apresenta pequena contribuição na economia dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, sendo utilizada em estabelecimentos de pequeno porte para a produção de aguardente e doces diversos (açúcar mascavo, melado, rapadura, etc). É também utilizada em pequenas propriedades como cultura de proteção do solo e para a alimentação de animais.

A cultura do fumo apresenta grande importância na economia dos dois estados. A indústria fumageira no Estado do Rio Grande do Sul processou 850 mil toneladas de folhas de fumo na safra 2003/04.

As lavouras de fumo, em geral, estão situadas em regiões próximas às indústrias de processamento. Predominam pequenas propriedades, sendo muitas vezes utilizadas áreas impróprias para este cultivo, com conservação do solo inadequada e com poucos cuidados à saúde dos produtores.

18.1 - CANA-DE-AÇÚCAR

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2) (ver Capítulo 6, p. 57).

Adubação de plantio

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 50

Aplicar de 10 a 20 kg de N/ha no plantio e o restante em cobertura antes do fechamento do canavial (aproximadamente entre 90 e 100 dias após o plantio).

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Cana-planta					
	Fósforo			Potássio		
	Produtividade - t/ha					
	< 80	80 a 100	> 100	< 80	80 a 100	> 100
	- - - - kg de P ₂ O ₅ /ha - - - -			- - - - kg de K ₂ O/ha - - - -		
Muito baixo	100	120	140	90	110	130
Baixo	80	90	110	70	80	100
Médio	60	70	90	50	50	80
Alto	40	50	60	30	40	60
Muito alto	0	0	≤ 60	≤ 30	≤ 40	≤ 60

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Em solos arenosos, recomenda-se fracionar a adubação potássica, tanto na cana-planta como na cana-soca, aplicando-se 2/3 por ocasião do plantio ou após o corte e o restante em cobertura, juntamente com o nitrogênio.

Utilização da vinhaça

Este resíduo da destilação deve ser aplicado no solo, em quantidades entre 50 e 200 m³/ha; a quantidade de potássio adicionado pela mesma deve ser subtraída das quantidades indicadas na tabela de adubação.

Adubação de cana-soca

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio		
	Rendimento - t/ha		
	< 50	50 a 80	> 80
%	----- kg de N/ha -----		
≤ 2,5	60	80	100
2,6 - 5,0	40	60	80
> 5,0	≤ 30	≤ 40	≤ 50

Fósforo e potássio⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Cana-soca					
	Fósforo			Potássio		
	Produtividade - t/ha					
	< 50	50 a 80	> 80	< 50	50 a 80	> 80
	---- kg de P ₂ O ₅ /ha ----			---- kg de K ₂ O/ha ----		
Muito baixo	40	50	60	90	110	130
Baixo	30	40	50	70	80	100
Médio	20	30	40	50	50	80
Alto	20	30	30	30	40	60
Muito alto	0	0	≤ 30	≤ 30	≤ 40	≤ 60

⁽¹⁾ Ver os itens 7.4 e 7.9.

Aplicar no sulco ao lado da linha de plantio da cana as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas na tabela acima. Se o adubo for aplicado superficialmente, misturá-lo ao solo no máximo a 10 cm de profundidade.

Observação: as indicações apresentadas destinam-se a cultivos para processamento industrial, com emprego de alta tecnologia e visando obter altos rendimentos de colmos. As informações regionais de pesquisa são ainda limitadas, podendo ser diminuídas as quantidades de adubo para tetos mais baixos de rendimento.

18.2 - FUMO

Calagem

Adicionar a quantidade de calcário indicada pelo índice SMP para o solo atingir pH 6,0 (Tabela 6.2) (ver Capítulo 6, p. 57).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Tipo de fumo	
	Virgínia	Burley
%	----- kg de N/ha -----	
≤ 2,5	120 - 160	220 - 240
2,6 - 3,5	100 - 120	200 - 220
3,6 - 4,5	90 - 100	180 - 200
4,6 - 5,0	80 - 90	160 - 180
> 5,0	70 - 80	140 - 160

Aplicar entre 50 e 70 kg de N/ha no plantio e o restante em cobertura. As quantidades de N a aplicar em cobertura variam conforme o tipo de fumo, o teor de matéria orgânica e a textura do solo, as condições climáticas, a textura do solo e as variáveis relacionadas à qualidade do produto.

Recomenda-se o uso de adubação verde no período entre dois cultivos, objetivando a cobertura do solo e a melhoria das condições de fertilidade. No caso de utilização de leguminosas, pode-se reduzir as aplicações de nitrogênio em cobertura em até 20%.

Fósforo e potássio⁽¹⁾ (1)

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo (Virgínia/Burley) kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio		
		Plantio	Cobertura	
			Virgínia	Burley
		kg de K ₂ O/ha		
Muito baixo	≥ 120	≥ 100	≥ 70	≥ 100
Baixo	100	90	60	90
Médio	80	80	50	70
Alto	60	70	40	50
Muito alto	≤ 60	≤ 70	≤ 40	≤ 50

Sempre que a faixa de teor de fósforo ou de potássio no solo for "Muito baixo", podem ser aplicadas quantidades maiores, utilizando-se fontes solúveis, até 10 dias após o plantio. No caso de níveis extremamente baixos, recomenda-se aumentar a dose correspondente ao teor "Muito baixo" em 30%.

A adubação com potássio em cobertura foi calculada conforme a exigência da cultura e de possíveis perdas. Na escolha das formulações deve-se limitar a quantidade de cloro em, no máximo, 30 kg de Cl/ha (usado somente na adubação de base).

No caso da adoção do sistema de manejo integrado do solo no plantio direto, as perdas por erosão diminuem, podendo-se reduzir as doses aplicadas. Nesse caso, seguir a orientação da assistência técnica.

Manejo e conservação do solo

Devem ser utilizadas práticas de manejo adequadas para reduzir a erosão do solo, evitando-se o cultivo em áreas de risco. Em solos bem estruturados, descompactados, com acidez e fertilidade corrigidas e com muita palhada, recomenda-se utilizar os sistemas de cultivo mínimo ou de plantio direto. O uso da rotação de culturas é recomendável para controle fitossanitário e a reciclagem de nutrientes, evitando-se outras espécies da família das solanáceas.

Observações

Os editores deste Manual concordam com as advertências do Ministério da Saúde referentes aos malefícios do hábito de fumar.

As recomendações para a cultura do fumo foram elaboradas por técnicos vinculados à indústria fumageira e são de sua inteira e exclusiva responsabilidade.

SISTEMAS ESPECIAIS DE PRODUÇÃO

19.1 - CULTIVOS PROTEGIDOS E HIDROPONIA

A hidroponia, conduzida em casas-de-vegetação, é uma técnica bastante utilizada em locais de fácil acesso aos mercados consumidores para cultivo de plantas folhosas consumidas "in natura", como alface, rúcula, agrião, almeirão, couve, etc. No cultivo hidropônico, é possível um melhor controle da nutrição das plantas, a minimização de riscos climáticos (granizo, ventos, frio, etc) e a redução dos danos provocados por pragas (insetos, principalmente). Destacam-se, também, as melhores condições de trabalho e de remuneração para o produtor e a maior qualidade do produto para o consumidor (Santos, 2000). A técnica do fluxo laminar de nutrientes ("nutrient film technique" – NFT) é de fácil manuseio e é o método mais utilizado no Brasil, sendo adequado a qualquer porte de instalação (Furlani, 1998).

19.1.1 - Disponibilidade de água e instalações

O primeiro requisito para a instalação de um cultivo hidropônico é a disponibilidade de água de boa qualidade (potável), em quantidade adequada ao porte do empreendimento. Uma planta de alface adulta, por exemplo, pode consumir até 450 mL de água por dia, num período de grande calor e baixa umidade.

Na técnica de cultivo em fluxo laminar de nutrientes (NFT), são necessários os seguintes componentes:

a) Casa-de-vegetação

A estrutura pode ser feita com materiais diversos, como ferro, alumínio, concreto, madeira, etc. A cobertura com filme de polietileno de 0,15 mm de espessura é a mais utilizada (tratado para preservação contra radiação UV).

A estrutura deve possuir cortinas laterais com possibilidade de abertura para ventilação em dias quentes, de preferência com telas. Em períodos de insolação elevada, pode ser necessária a utilização de tela plástica de cobertura (30%).

O custo da casa-de-vegetação pode variar entre R\$ 15,00 e R\$ 60,00 (relação R\$/US\$ = 3) por m², dependendo dos materiais utilizados.

b) Mesas ou bancadas

No sistema NFT, o cultivo das plantas é feito sobre mesas, que permitem os canais de cultivo. As mesas apresentam, em geral, altura de 1,0 m, largura máxima de 2,0 m e comprimento variável, conforme a instalação (10 a 20 m).

Os canais de cultivo mais simples são tubos de PVC perfurados ou serrados ao meio e telhas de fibro-cimento. A fixação das mudas pode ser feita por placas de isopor ou filme plástico de 150 micras (branco na parte superior e escuro na face inferior). A inclinação dos canais pode variar entre 2 e 4%.

c) Sistema de irrigação

É composto por um ou vários reservatórios para a solução nutritiva, bomba de recalque, encanamento de distribuição e de retorno da solução, com os respectivos registros. É recomendada a utilização de materiais plásticos (PVC) para todos os componentes da instalação. A capacidade da bomba deve ser dimensionada para 50% a mais do consumo máximo (Furlani, 1998).

d) Temporizador

O temporizador (ou "timer") que aciona a bomba de irrigação deve possibilitar o funcionamento automático da instalação, podendo ser programado diariamente, de acordo com as condições climáticas. Deve-se dispor de um conjunto de bomba e temporizador de reserva.

19.1.2 - Manejo da cultura

A casa-de-vegetação, em geral, tem três áreas: produção das mudas (berçário), bancadas de crescimento e mesas de cultivo ou produção final.

Na produção das mudas, podem ser utilizados vários substratos (algodão hidrófilo, vermiculita, espuma fenólica, substratos comerciais, etc.). A espuma fenólica é um material estéril de fácil manuseio, disponível em placas de 2 ou 4 cm de espessura, e dimensões de 33x40 cm com células pré-marcadas de 2x2 cm.

Nas bancadas de crescimento, o espaçamento entre plantas é menor, com melhor aproveitamento do espaço. O espaçamento entre plantas, frequência de

irrigação, composição da solução nutriente e colheita variam conforme a espécie cultivada, clima, instalação, etc.

19.1.3 - Solução nutritiva

O suprimento de nutrientes e de água para as plantas é feito pela solução nutritiva, preparada com sais de grau técnico ou com adubos solúveis.

Na Tabela 19.1, é apresentada a solução de Castellane & Araújo (1995), a qual tem demonstrado o melhor desempenho nas condições do Rio Grande do Sul (Schmidt, 1999; Santos et al., 2003). Nas Tabelas 19.2 e 19.3 é apresentada a solução nutritiva de Castellane & Araújo modificada (Santos et al., 2003) para redução do teor de nitrato na planta (Ohse, 1999). Nas Tabelas 19.4 e 19.5 é apresentada a solução utilizada para várias culturas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Furlani, 1998).

O controle da concentração de nutrientes da solução nutritiva é feito com um condutivímetro portátil. À medida que as plantas absorvem os nutrientes, a condutividade elétrica (CE) diminui, sendo necessária a reposição dos nutrientes. Na cultura da alface, é sugerida a reposição de 50% dos nutrientes quando a CE da solução baixar para 50% do valor inicial (Martinez, 1997). Esse procedimento pode ser feito por três

Tabela 19.1. Composição da solução nutritiva proposta por Castellane & Araújo (1995)

Componentes ⁽¹⁾	g/1.000 L de solução
Nitrato de cálcio especial	950
Nitrato de potássio	900
Fosfato monobásico de potássio	272
Sulfato de magnésio	246
Sulfato de manganês	1,70
Sulfato de zinco	1,15
Sulfato de cobre	0,19
Ácido bórico	2,85
Molibdato de sódio	0,12
Ferro-EDTA ⁽²⁾	1 L

⁽¹⁾ Esta solução deve conter (em mg/L): 255 de N-NO₃⁻; 9,5 de N-NH₄⁺ (3,6% do N total, oriundo do nitrato de cálcio especial – hydro, que contém 1% de amônio); 60 de P; 400 de K; 180 de Ca; 25 de Mg; 32 de S-SO₄⁻; 0,44 de Mn; 0,25 de Zn; 0,05 de Cu; 0,48 de B e 0,05 de Mo;

⁽²⁾ Obtido pela dissolução de 24,1 g de sulfato ferroso em 400 mL de água e 25,1 g de sódio-EDTA em 400 mL de água. Misturar as duas soluções e completar o volume para 1,0 L. Efetuar borbulhamento de ar por 12 horas. Guardar em frasco escuro e protegido da luz. Esta solução contém aproximadamente 5 mg de Fe/mL.

cultivos sucessivos (Londero, 2000), devendo então ser trocada a solução. A utilização da solução por tempo maior requer sua análise completa em laboratório.

O pH da solução nutritiva pode variar entre 4,5 e 7,5, sendo a faixa ideal entre 5,5 e 6,5. Em valores de pH mais elevado podem ocorrer deficiências de micronutrientes.

Tabela 19.2. Composição da solução nutritiva proposta por Castellane & Araújo (1995) modificada para reduzir o teor de nitrato na planta

Componentes ⁽¹⁾	g/1.000 L de solução
Nitrato de cálcio especial	950
Nitrato de potássio	723
Sulfato de amônio	110
Fosfato monobásico de potássio	272
Cloreto de potássio branco	123
Sulfato de magnésio	246
Micronutrientes ⁽²⁾	200 mL
Fe-EDTA ⁽³⁾	1 L

⁽¹⁾ Esta solução contém (em mg/L): 232 de N-NO₃⁻; 32,6 de N-NH₄⁺ (12,3% do N-total); 60 de P; 400 de K; 180 de Ca; 25 de Mg; 59 de S-SO₄⁼ e 58 de Cl.

⁽²⁾ Preparada conforme descrito na Tabela 19.3.

⁽³⁾ Dissolver 24,1 g de sulfato ferroso em 400 mL de água e 25,1 g de sódio-EDTA em 400 mL de água, misturar as duas soluções, completar o volume para 1,0 L e borbulhar ar durante 12 horas. Esta solução contém aproximadamente de 5 mg de Fe/mL.

Tabela 19.3. Composição da solução de micronutrientes da solução nutritiva de Castellane & Araújo (1995) modificada

Componentes ⁽¹⁾	g/L
Sulfato de manganês	8,50
Sulfato de zinco	5,75
Sulfato de cobre	0,95
Ácido bórico	14,25
Molibdato de sódio	0,60

⁽¹⁾ Dissolver cada um dos componentes separadamente em 190 mL de água, juntar as soluções e completar o volume para 1 L. Utilizar 200 mL para 1.000 L de solução nutritiva, a qual deve conter (em mg/mL): 0,44 de Mn; 0,25 de Zn; 0,05 de Cu; 0,48 de B e 0,05 de Mo.

Tabela 19.4. Composição da solução nutritiva proposta por Furlani (1998)

Componentes ⁽¹⁾	g/1.000 L de solução
Nitrato de cálcio especial	750
Nitrato de potássio	500
Fosfato monoamônico (MAP)	150
Sulfato de magnésio	400
Solução de micronutrientes ⁽²⁾	50 mL
Ferro-EDTA ⁽³⁾	200 mL

⁽¹⁾ Esta solução contém (em mg/L): 174 de N-NO₃⁻; 21 de N-NH₄⁺ (10,8% do N-total); 183 de K; 142 de Ca; 38 de Mg; 30 de P; 52 de S-SO₄⁻.

⁽²⁾ Preparado conforme a Tabela 19.5.

⁽³⁾ Obtido pela dissolução de 50 g de sulfato ferroso heptahidratado em 450 mL de água e 60 g de etileno-diaminotetraacetato sódico (Na₂EDTA) em 450 mL de água, acrescentando a solução de EDTA à solução de sulfato ferroso. Completar o volume para 1,0 L. Efetuar o borbulhamento de ar na solução preparada até completa dissolução de qualquer precipitado formado. Guardar em frasco escuro e protegido da luz. Esta solução contém 10 mg de Fe/mL.

Tabela 19.5. Composição da solução de micronutrientes da solução nutritiva proposta por Furlani (1998)

Componentes ⁽¹⁾	g/L
Sulfato de manganês monohidratado	30
Sulfato de zinco heptahidratado	10
Sulfato de cobre pentahidratado	3
Ácido bórico	30
Bórax	46
Molibdato de sódio	3

⁽¹⁾ Dissolver cada um dos componentes separadamente em 190 mL de água morna. Misturar as soluções obtidas, completando o volume para 1 L. Utilizar 50 mL dessa solução para 1.000 L de solução nutritiva, a qual deve conter (em mg/L): 0,40 de Mn; 0,06 de Zn; 0,02 de Cu; 0,30 de B e 0,06 de Mo.

19.1.4 - Cuidados a observar no cultivo hidropônico

Além de exigir maior qualificação técnica do pessoal que opera o sistema de cultivo, é necessário extremo cuidado com a fitossanidade da cultura. Vírus e doenças fúngicas e bacterianas podem infestar toda a instalação podendo ser disseminadas pela solução nutritiva circulante.

Caso haja necessidade de utilização de defensivos agrícolas, é indispensável a observância do prazo de carência dos produtos, em geral aplicados em pulverização

foliar, embora muitos não tenham recomendação específica para uso em cultivos protegidos.

19.2 - CULTIVOS EM SUBSTRATOS

Cultivar em substratos significa instalar as plantas fora do solo, utilizando para suporte das raízes materiais diferentes do solo. Qualquer material que tenha capacidade de reter água e nutrientes e não seja fitotóxico pode ser utilizado como substrato para o cultivo de plantas. Areia, brita, resíduos vegetais, húmus e lã de rocha são alguns exemplos de substratos agrícolas.

O cultivo em substratos apresenta duas vantagens principais:

a) possibilita evitar moléstias e pragas que infestam o solo e são de difícil controle, como por exemplo as podridões de raízes e os nematóides.

b) possibilita fornecer às plantas os nutrientes adequados nas doses e épocas apropriadas, evitando a carência e também o excesso dos mesmos. Nessa modalidade de cultivo, as raízes das plantas não necessitam ir em busca dos nutrientes: eles são fornecidos diretamente pela fertirrigação na quantidade e no momento em que são necessários.

As principais etapas do cultivo em substrato serão discutidas a seguir, exemplificando-se com dados de cultivo.

19.2.1 - Escolha do substrato

Um substrato agrícola se caracteriza principalmente pela capacidade de retenção de água, pela capacidade de troca de cátions (CTC) e pela aeração. A primeira determina o volume de água retido e disponível às plantas, a CTC influencia a retenção dos nutrientes fornecidos e ainda não absorvidos e a aeração é importante para fornecer o oxigênio necessário à respiração das raízes.

O substrato escolhido deve ser abundante e de baixo custo. Existem substratos comerciais, semelhantes àqueles empregados na produção de mudas, que são de boa qualidade, porém seu custo pode ser elevado. Uma boa alternativa consiste em utilizar substratos obtidos facilmente na região. É necessário também dispor de fertilizantes solúveis para a elaboração da solução nutritiva a ser empregada na fertirrigação das plantas.

A característica indispensável de um substrato é que ele não seja fitotóxico. Serragens e/ou outros resíduos vegetais que contenham resinas devem ser examinados com cuidado antes de serem utilizados. Materiais carbonizados geralmente são pouco fitotóxicos. Casca de arroz parcialmente carbonizada, casca de árvores, húmus

proveniente da minhocultura e resíduos de folhas de eucalipto são alguns exemplos de substratos orgânicos de baixo custo.

A capacidade máxima de retenção de água (CMRA) varia de um substrato para outro e deve ser conhecida antes de implantar a cultura. Esse parâmetro é determinado em laboratório, porém um valor aproximado pode ser estimado na propriedade. As etapas para esta estimativa são:

1ª etapa: espalhar uma camada fina de substrato dentro de uma bandeja e deixar secar ao ar, dentro de uma estufa de polietileno, por vários dias. É importante revolver diariamente a camada de forma a garantir uma secagem uniforme de todo o material;

2ª etapa: ensacar o substrato em sacolas de polietileno (4 a 5 sacolas). As embalagens de volume aproximado de dez litros utilizadas para comprar hortaliças nas feiras são uma boa opção. Coloca-se um volume semelhante de substrato seco dentro das sacolas. Em seguida, as sacolas devem ser fechadas (faz-se um nó na parte superior para evitar perdas de material) e pesadas. A massa de substrato seco de cada sacola é anotada. Após a pesagem, o substrato contido no interior das mesmas é molhado até atingir a saturação completa. Essa operação deve ser feita com muito cuidado para evitar que partes do substrato permaneçam secas;

3ª etapa: perfura-se a parte inferior e lateral de cada sacola com uma agulha, a fim de assegurar a drenagem da água excedente. As perfurações devem ser feitas em grande número e em todas as posições para evitar acúmulo de água.

4ª etapa: suspende-se as sacolas com auxílio de um cordão e deixa-se gotejar por pelo menos 12 horas à sombra. A melhor alternativa consiste em fazer o molhamento no final da tarde e deixar escorrer durante toda a noite.

5ª etapa: na manhã seguinte, cada sacola é novamente pesada. A diferença entre as massas úmida e seca é a quantidade de água retida pelo substrato. Esse valor é expresso em porcentagem da massa úmida e representa a capacidade máxima de retenção de água.

O cálculo da capacidade de retenção da umidade, em porcentagem, é feito pela fórmula: $CMRA (\%) = [(massa \text{ úmida} - massa \text{ seca}) / massa \text{ úmida}] \times 100$. O valor final a adotar é a média calculada para as diversas sacolas.

A CTC e a aeração dos substratos são difíceis de serem determinadas na propriedade. Geralmente os substratos orgânicos e/ou aqueles que têm poros finos possuem valores de CTC adequados para o cultivo em substrato. Se os valores determinados em laboratório não são conhecidos, deve-se avaliar o desenvolvimento

das plantas em pequenas parcelas antes de utilizar um substrato em todo o empreendimento.

19.2.2 - Volume de substrato a utilizar

Para determinar o volume de substrato a utilizar para cada planta, deve-se considerar a capacidade de retenção de água do mesmo e a transpiração da cultura. É conveniente que o substrato contenha o volume de água necessário para manter viva a planta durante pelo menos oito horas, com alta transpiração. Esse intervalo de tempo é importante para diminuir o risco de perder a cultura por acidentes, como pane de bombas ou falta de energia elétrica. Uma planta adulta de hortaliças de porte elevado, como o tomateiro, pode transpirar mais de dois litros de água por dia, em períodos quentes de verão e com baixa umidade relativa do ar.

Deve-se considerar que nem toda a água contida no interior do substrato está disponível para a planta. Do volume total de água retido (capacidade máxima de retenção), aproximadamente 30% é pouco disponível, devido à atração exercida pelas partículas do substrato. Outros 20% devem ser descontados para evitar que a concentração de sais em torno das raízes aumente demasiadamente, especialmente quando a absorção de água é muito intensa. Em geral, a água facilmente disponível para a planta é aproximadamente 50% da capacidade máxima de retenção de água. Os valores citados variam de um substrato para outro e representam uma média aproximada. O exemplo apresentado na Tabela 19.6 mostra a quantidade necessária de um determinado substrato para armazenar água suficiente para uma transpiração de 1.250 mL em 8 horas. Os valores mostrados na tabela variam com o tipo de substrato.

Tabela 19.6. Valores dos parâmetros hídricos e do cálculo da quantidade de massa necessária para uma planta

Parâmetros	Valores
Transpiração máxima estimada (8 horas)	1.250 mL
Capacidade máxima de retenção de água	57%
Fração de água facilmente disponível	28,5%
Massa úmida de húmus necessária para armazenar 1.250 mL de água facilmente disponível	4.387 g

19.2.3 - Instalação da cultura em substrato

Antes da instalação do empreendimento, deve-se isolar as plantas do solo, individualizar o sistema radicular de cada planta e facilitar ao máximo a drenagem da água não absorvida pelas plantas. Para atingir esses objetivos é aconselhado seguir as etapas mostradas na Figura 19.1 com os procedimentos seguintes:

- construir pequenos camalhões de terra, com aproximadamente 30 cm de largura na base e 20 a 25 cm de altura, afastados de 1 a 1,2 m um do outro;
- construir uma canaleta de drenagem nos dois lados de cada camalhão; as canaletas devem ter uma pequena declividade para escoar a água drenada;
- cobrir toda a superfície (camalhões, canaletas e solo) com filme de polietileno opaco de preferência de coloração prateada;

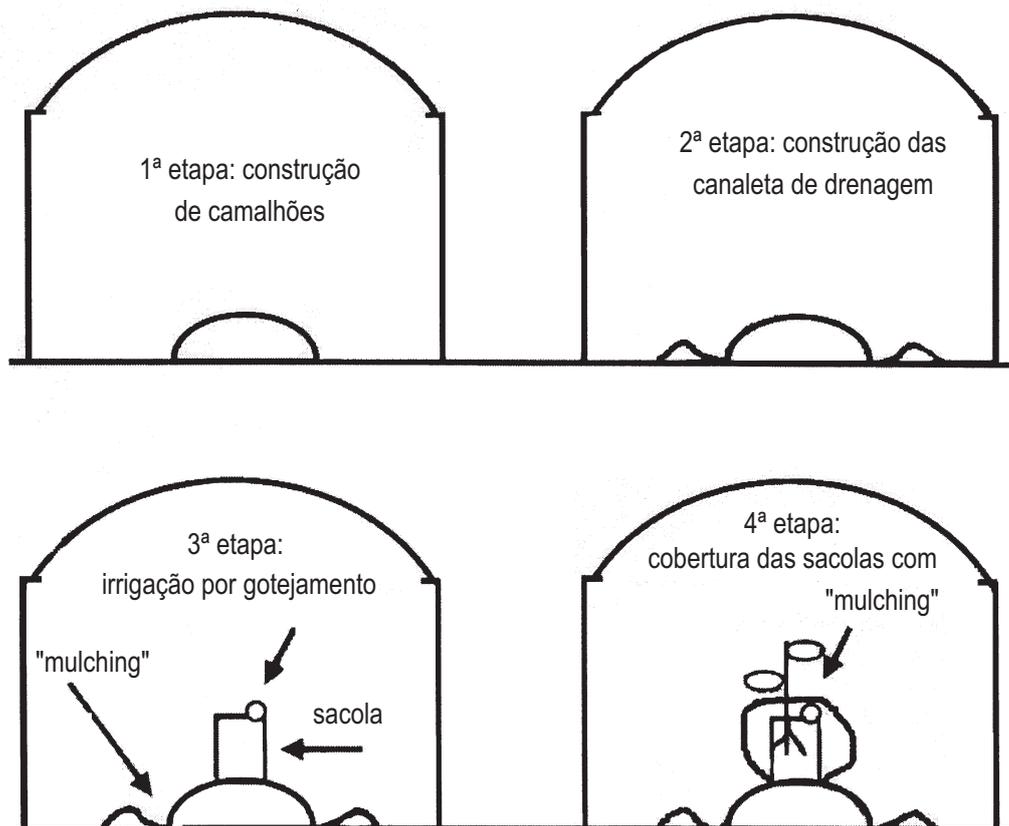


Figura 19.1. Esquema ilustrando as etapas para instalar uma cultura em substrato ("mulching" = filme de polietileno não transparente de coloração verde ou prateada para cobertura de solo).

- d) acondicionar o volume de substrato a ser utilizado em sacolas plásticas, fazer perfurações com uma agulha no fundo e na parte lateral das mesmas e distribuí-las sobre os camalhões, afastadas 0,30 a 0,40 m uma da outra;
- e) instalar sobre cada camalhão uma mangueira de irrigação por gotejamento e arranjar as sacolas de forma que cada uma tenha um gotejador na sua parte superior;
- f) cobrir toda a fileira (sacolas + gotejadores) com um filme de polietileno do mesmo material empregado para revestir o solo (mulching);
- g) fazer uma pequena perfuração na parte superior do filme e plantar uma muda em cada sacola.

19.2.4 - Fertirrigação da cultura em substrato

O superfosfato simples pode ser empregado como uma fonte de fósforo de baixo custo, desde que seja previamente dissolvido em água por algumas horas antes de efetuar a fertirrigação (Tabela 19.7). Após esse período, as impurezas ficam depositadas no fundo do recipiente e somente a solução sobrenadante é empregada.

Tabela 19.7. Doses de fertilizantes a utilizar por planta e por semana para fertirrigar uma cultura de tomateiro em substrato

Fertilizante	Dose
Nitrato de potássio	4,0 g
Nitrato de cálcio	6,3 g
Superfosfato simples	1,5 g
Sulfato de magnésio	3,0 g
Solução de micronutrientes	0,7 mL
Quelato de ferro (5% de Fe)	0,13 mL

Fonte: Andriolo (1996).

A solução de micronutrientes deve ser previamente preparada em separado e estocada em reservatório plástico de cor preta, para evitar a entrada da luz. As quantidades de sais a dissolver para a preparação dessa solução estoque, por litro de água, são indicadas na Tabela 19.8. No caso de utilizar o molibdato de sódio como fonte de molibdênio, a quantidade deve ser aumentada em 20%.

No momento de efetuar a fertirrigação, adiciona-se uma alíquota de 0,7 mL dessa solução de micronutrientes, por semana, para cada planta a ser fertirrigada.

Tabela 19.8. Composição da solução de micronutrientes a ser utilizada em horticultura (adaptado de Jeannequin, 1987).

Fertilizante	Fórmula	Quantidade (g/L)
Molibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,5
Ácido bórico	H_3BO_3	15,0
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	12,5
Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20
Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10

Podem ser utilizadas soluções quelatizadas de ferro adquiridas no comércio, prontas para uso.

O nitrato de cálcio deve ser fornecido separadamente dos demais fertilizantes. Uma boa alternativa consiste em aplicar o nitrato de cálcio em um dia e, no dia seguinte, a mistura de todos os outros fertilizantes da solução. Ao se efetuar a fertirrigação por sistemas de baixa pressão munidos de tubos gotejadores, volumes semelhantes de solução serão distribuídos para cada planta, uma vez que existe um gotejador em cada sacola. No caso de serem empregados sistemas de alta pressão, o tempo de funcionamento do sistema deve ser ajustado, de forma a distribuir toda a solução em toda a área. Deve-se ter o cuidado de que o volume fornecido para cada planta não ultrapasse o volume de água contido no substrato na sua capacidade máxima de retenção, para evitar a perda da solução por drenagem.

19.2.5 - Monitoramento da nutrição mineral

Quando os nutrientes são aplicados por fertirrigação, uma parte dos mesmos é retida pelas partículas do substrato que apresentam CTC. A outra parte fica dissolvida na solução em torno das raízes. Nos intervalos entre fertirrigações de nutrientes, as plantas recebem somente água. Se os volumes de água fornecidos excederem aqueles consumidos pela transpiração, ocorrerá a drenagem, com lixiviação dos nutrientes dissolvidos na solução em torno das raízes. Por isso, deve-se ter o cuidado de não irrigar em demasia. O monitoramento de perda de nutrientes por lixiviação pode ser feito pela medida da condutividade elétrica da solução drenada. Para isso, procede-se da seguinte maneira (Figura 19.2):

- a) escolher dentro da estufa dois ou mais grupos de cinco plantas;
- b) posicionar embaixo das sacolas dessas plantas um novo filme plástico (mulching) para coletar a água drenada;

- c) dobrar o filme para formar uma canaleta de condução do lixiviado para um recipiente plástico, enterrado; esse recipiente deve ter bico fino, para reduzir a evaporação da solução coletada (um galão de água mineral pode ser utilizado com esse objetivo);
- d) após as irrigações, coletar uma amostra da solução recolhida em cada recipiente e determinar a condutividade elétrica (CE) com um condutímetro.

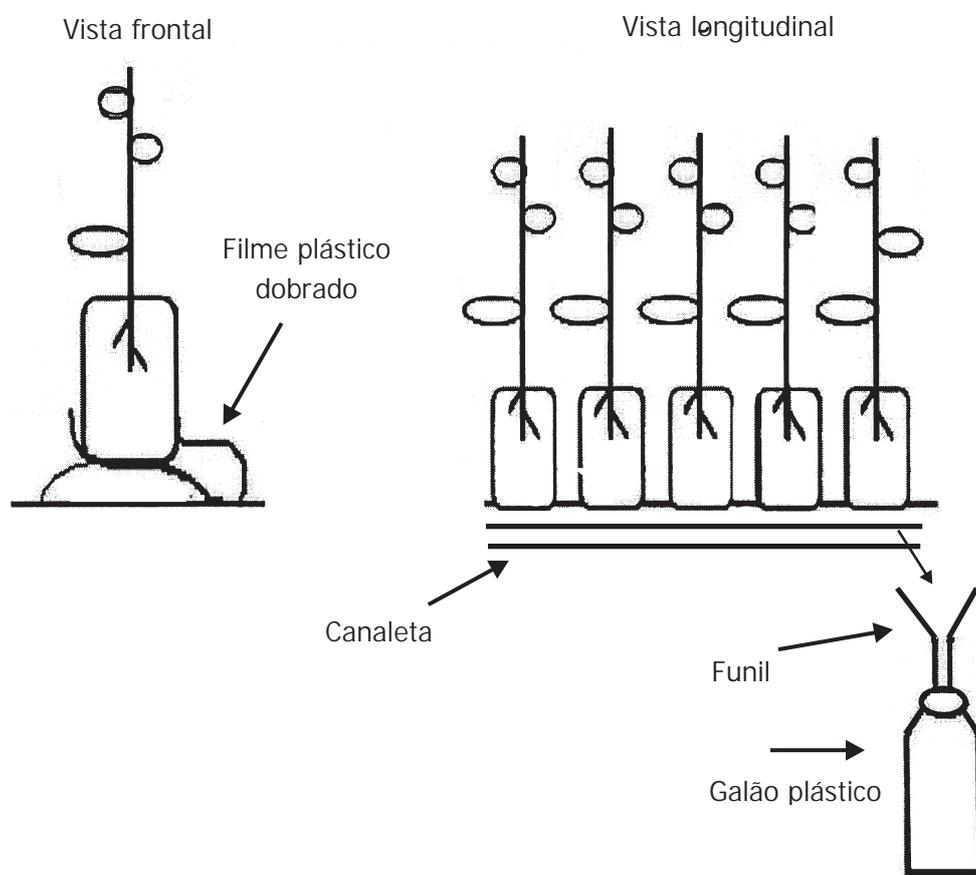


Figura 19.2. Procedimento para a coleta da solução drenada para a determinação de condutividade elétrica.

A interpretação dos valores da condutividade elétrica pode ser feita conforme a orientação na Tabela 19.9.

Tabela 19.9. Interpretação dos valores da condutividade elétrica (CE) determinada na solução drenada de uma cultura de tomateiro em substratos

Condutividade elétrica (mS/cm)	Significado
Superiores a 3,0	Os nutrientes estão sendo pouco lixiviados pela água da irrigação e a concentração de sais pode se elevar no interior do substrato.
Entre 1,0 e 3,0	A concentração de nutrientes em torno das raízes está em níveis adequados e deve ser mantida preferencialmente dentro desses limites.
Abaixo de 1,0	A concentração de nutrientes em torno das raízes está em níveis baixos, devido ao consumo pela planta e/ou à lixiviação. Uma nova fertirrigação deve ser feita.

Se os valores de CE permanecerem maiores que 3,0, a quantidade de água fornecida pela irrigação deverá ser aumentada, para evitar a acumulação dos nutrientes não absorvidos pelas plantas dentro do substrato e possível salinização. A estimativa das quantidades de água a fornecer deverá ser feita de forma a repor as quantidades transpiradas e ao mesmo tempo provocar uma pequena drenagem, suficiente para evitar o aumento excessivo da CE no interior do substrato.

19.2.6 - Reutilização do substrato

Se não houver ataque de moléstias e ou de pragas no sistema radicular, a vida útil de um substrato dependerá de suas características físicas. Se essas características não se alterarem demasiadamente, um mesmo substrato poderá ser reutilizado durante vários anos. Para verificar se ocorreram alterações, recomenda-se repetir anualmente a estimativa da capacidade máxima de retenção de água. Quando o valor coletado estiver alterado em mais de 30% daquele medido na primeira utilização, é conveniente substituir o substrato.

Se for observada a ocorrência de moléstias e/ou pragas do sistema radicular, as sacolas contendo as raízes atacadas devem ser separadas e o substrato contido no seu interior desinfestado ou substituído. Antes de implantar uma nova cultura deve-se ainda lavar o substrato com grande quantidade de água, para lixiviar os resíduos de elementos nutrientes que possam ter se acumulado no interior das sacolas e que poderiam prejudicar o crescimento das plantas jovens. O cultivo em substratos é uma tecnologia complexa que exige um manejo adequado da cultura e por isso deve ser feito com a orientação de um engenheiro agrônomo.

BIBLIOGRAFIA

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. & VEZZANI, F. M. Nova recomendação de adubação nitrogenada para o milho sob plantio direto no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo. **Revista Plantio Direto**, 68: 30-35. 2002.
- ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Maria: Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1996. 47p.
- ANGHINONI, I.; SCHLINDWEIN, J.A. & NICOLODI, M. Amostragem do solo no sistema plantio direto. In: **Curso de Fertilidade do Solo em Plantio Direto, 5**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 2002. p. 97-105.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; BEN, C. G. & MÜLLER NETTO, J. M. **Recomendações de calcário para os solos do Litoral e Vale do Itajaí, Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC. 1987. (Dados não publicados)
- ASSOCIAÇÃO RURAL DE SANTA ROSA (Santa Rosa, RS). **Projeto de melhoramento da fertilidade do solo de Santa Rosa**. Santa Rosa, RS. 1967. 37p.
- ASSOCIAÇÃO SULINA DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL - ASCAR (Santa Rosa, RS). **Projeto de melhoramento da fertilidade do solo de Santa Rosa - relatório do 1º semestre de 1968**. Santa Rosa, RS, 1968. 20p.
- BARCELLOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. Santa Maria: Departamento de Solos, CCR, UFSM, 1992. (Dissertação de Mestrado)
- BASSO, C.; WILMS, F. W. W. & SUZUKI, A. Fertilidade do solo e nutrição da macieira. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 236-265.
- BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. de O.; MIOLA, G. R. & GIANELLO, C. Anion-exchange resins and iron oxide-impregnated filter paper as plant available phosphorus indicators in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 33:1119-1129, 2002.
- BOLETIM PECUÁRIO. Produtos orgânicos e agroecologia. Site: BOLETIM PECUÁRIO, URL: <http://www.boletimpecuario.com.br>, nº 489, acessado em 16 jun. 2002.

- BONNECARRÈRE, R.; MANFRON, P.; MENEZES, N. & MEDEIROS, S. **Cultivo hidropônico da alface. II. Recomendação de soluções nutritivas.** Santa Maria: UFSM, 1999. 6p. (Informe Técnico, 04/1999)
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & SCOLMEISTER, D. Estimativa dos teores de cobre e de zinco pelo método Mehlich-1 em solos do Rio Grande do Sul. In: Fertbio 2004. **Resumos expandidos.** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. (CDROM)
- BRASIL. Instrução Normativa nº 007 de 17/05/99. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **(Normas disciplinadoras para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal).** Diário Oficial da União, Brasília, nº 94. Seção I. p 11-14. 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Profruta.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/sarc/profruta/doc/uva/pdf/in003.pdf>. Acesso em 15 ago. 2003.
- BRASIL. Decreto nº 4.954 de 13/01/2004 **(Aprova o Regulamento da lei nº 6.894 de 16/12/80, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e dá outras providências).** Diário Oficial da União, Brasília, nº 10, de 15/01/2004. 2004a.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 010 de 06/05/2004. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **(Aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço, bem como os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura).** Diário Oficial da União, Brasília, nº 90, de 12/05/2004. 2004b.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 004 de 02/08/2004. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **(Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos corretivos de acidez, corretivos de alcalinidade, corretivos de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura).** Diário Oficial da União, Brasília, 2004c.
- BRASIL. Portaria nº 01, de 04 de março de 1983. **(Aprova normas sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura).** Diário Oficial da União, Brasília, 09/03/83. Sec. I. p. 3783-89. 1983a.
- BRASIL. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura: legislação.** Brasília: Ministério da Agricultura, 1983b. 88p
- BRASIL. Portaria nº 31, de 08 de junho de 1982. **(Aprova os métodos analíticos padrões oficiais, para análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes sujeitos à inspeção e fiscalização).** Diário Oficial da União, Brasília, 14/06/82. Sec. I. p. 10763-93. 1982.
- CASTELLANE, P. D. & ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo.** 4 ed. Jaboticabal: UNESP, 1995. 43p.

- CEE (Council of the European Communities). Council directive on the protection of the environment and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. **Official Journal of the European Communities**, nº L181 (29):6-12. 1986.
- CFS-RS/SC (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128p.
- CFS-RS/SC (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 224p.
- CIPRANDI, M. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. & SIQUEIRA, O. J. F. Alteração na recomendação de corretivo para solos dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: Reunião Sulbrasileira de Ciência do Solo, 2. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, 1994. p. 40-41.
- COELHO, A.M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: **Tópicos Especiais em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 249-290.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E. & ALVES, V. M. C. **Amostragem de solos: a base para a aplicação de corretivos e fertilizantes**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 45p. (Comunicado Técnico 42).
- CONCEIÇÃO, F. T. & BONOTTO, D. M. Metais pesados e flúor em fertilizantes fosfatados e corretivos usados no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29. **Solo: Alicerce dos Sistemas de Produção**. Ribeirão Preto, SBCS/UNESP, 2003. 4p (CDROM)
- DENARDIN, J. E. & KOCHHANN, R. A. Fast no-till adoption in Brazil without subsidies; a successful partnership. In: NORTHWEST DIRECT SEED CROPPING SYSTEMS CONFERENCE 7 TRADE SHOW. Spokane, WA, 1999. p. 77-88
- ERNANI, P. R. & ALMEIDA, J. A. **Avaliação de métodos de recomendação quantitativa de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina**. Lages: UDESC-Curso de Agronomia, 1986. 53p. (Boletim Técnico de Solos, 1)
- ERNANI, P. R. **Uso do gesso agrícola nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Florianópolis: SBCS-Núcleo Regional Sul/UDESC-CAV, 1993. 15p. (Boletim Técnico, 1)
- ERNANI, P. R.; CASSOL, P. C. & PERUZZO, G. Eficiência agronômica do gesso agrícola no Sul do Brasil. In: Seminário sobre o Uso do Gesso na Agricultura, 2, Uberaba, MG. **Anais...** São Paulo: Instituto Brasileiro do Fosfato, 1992. p. 263-276.
- FACHINELLO, J. C.; COUTINHO, E. F.; MARODIN, G. A. B; BOTTON, M. & DE MIO, L. L. M. (Ed. Tec) **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de pêssego**. Pelotas: UFPEL, 2003. 92p. (Documentos, 1)
- FREIRE, C. J. S. **Manual para análise foliar: ameixeira**. Pelotas: Embrapa – CPACT, 2002a. 16p. (Embrapa – CPACT. Documentos, 79)
- FREIRE, C. J. S. **Recomendação de adubação potássica de manutenção para a cultura da ameixeira por meio da análise foliar**. Pelotas: Embrapa – CPACT, 2002b. 2p. (Embrapa – CPACT. Comunicado Técnico, 67)

- FREIRE, C. J. S. **Recomendação de adubação nitrogenada de manutenção para a cultura da ameixeira utilizando a análise foliar.** Pelotas: Embrapa – CPACT, 2001b. 3p. (Embrapa – CPACT. Recomendação Técnica, 39)
- FREIRE, C. J. S. & MAGNANI, M. **Recomendação de adubação nitrogenada de manutenção para a cultura do pessegueiro com base na análise foliar.** Pelotas: Embrapa – CPACT, 2001a. 3p. (Embrapa – CPACT. Recomendação Técnica, 38).
- FREIRE, C. J. S. & MAGNANI, M. **Recomendação de adubação fosfatada de manutenção para as culturas do pessegueiro e da ameixeira com base na análise foliar.** Pelotas: Embrapa – CPACT, 2001b. 2p. (Embrapa – CPACT. Recomendação Técnica, 37)
- FREIRE, C. J. S. & MAGNANI, M. **Recomendação de adubação potássica de manutenção para a cultura do pessegueiro por meio da análise foliar.** Pelotas: Embrapa – CPACT, 2001c. 3p. (Embrapa – CPACT. Recomendação Técnica, 35)
- FREIRE, C. J. S. & MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: MEDEIROS, C. A. B. & RASEIRA, M. C. B. (Org.). **A cultura do pessegueiro.** Brasília: Embrapa, 1998, p. 161-187.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NTF.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30p. (Boletim Técnico, 168)
- GIANELLO, C.; WIETHÖLTER, S. Novo sistema de adubação para as culturas de grãos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do solo, 5. **Resumos expandidos**, Florianópolis: SBCS-NRS, 2004. CDROM
- GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. & SCOLMEISTER, D. **Análises de solos, plantas e outros materiais.** 3 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 2005. (Boletim Técnico, 5) (no prelo).
- GOEDERT, W. J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8:97-102. 1984.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, Edição Especial, 1994. p. 1-27.
- JACQUES, A. V. A. & NABINGER, C. Estudo da vegetação campestre e de alternativas sustentáveis para a prática das queimadas de pastagens naturais na região dos Campos de Cima da Serra. In: **As pastagens nativas gaúchas.** Porto Alegre: FEDERACITE XI, 2003. p. 55-84.
- JAPÃO. Ministério da Agricultura, Pesca e Florestas. Relatório Anual de Pesquisa em Fruticultura de Clima Temperado. Tsukuba, 1999. 64p.
- JEANNEQUIN, B. Conduite de la fertilization des cultures hors sol en maraichage. **PHM Rev. Hortic.**, 275:19-28, 1987.
- KAMINSKI, J. (Coord.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto.** Pelotas: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2000. 123p. (Boletim Técnico, 4)
- KAMINSKI, J. **Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1974. 96p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia - Solos)
- KAMINSKI, J. & PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo.** Santa Maria: SBCS/ Núcleo Regional Sul, 1997. 31p (Boletim Técnico, 3)
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BARTZ, H. R.; GATIBONI, L. C.; BISSANI, C. A. & ESCOSTEGUY, P. A. V. **Proposta de nova equação para determinação do valor de H+Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC.** In: Reunião Anual da Rede

- Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 33. **Ata...** Frederico Westphalen, 2001. p. 21-26.
- KLAMT, E. & SANTOS, M. C. L. **Amostragem de solos para recomendação de corretivos e fertilizantes**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1974. 4p.
- KROTH, P. L. **Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana**. Porto Alegre: UFRGS- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 1998. 168p. (Dissertação de Mestrado)
- LAHAV, E. & TURNER, D. W. **Fertilización del banano para rendimientos altos**. 2 ed. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1992. 71p. (Boletín nº 7)
- LONDERO, F.A.A. **Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico de alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. 86p. (Dissertação de Mestrado)
- LOPES, A. S. (tradutor). Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. 177p.
- LOPES, A. S. & COELHO, J. G. Micronutrientes: critérios de diagnose para o solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKERT, C. M. & LANTAMAN, A. F. (Ed.) **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA - IAPAR - SBSCS, 1988. p. 133-178.
- LOPES A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G. & Silva, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110p.
- LUDWICK, A. E. Report to the soil fertility - soil testing technical comitee. In: **SILO soil fertility - Soil Testing Technical Comitee Meeting**. Rio de Janeiro: USAID/Brasil, 1968. v. 1, p. 63-75.
- MAGNANI, M.; FREIRE, C. J. S. & MORAES, E. C. **Manual para análise foliar: pessegueiro**. 3 ed. rev. Pelotas: Embrapa - CPACT, 1997. 9p. (Embrapa - CPACT. Documentos, 33)
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. In: **Curso de atualização em fertilidade do solo**. Ilha Solteira: Fundação Cargill, 1987. p. 32-101.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.
- MARTINEZ, H. E. P. **Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 31p.
- MIELNICZUK, J. & ANGHINONI, I. Avaliação das recomendações de adubo e calcário dos laboratórios oficiais de análise de solos. **Trigo e Soja**, 15:2-15, 1976.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. E. & BOHNEN, H. **Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1969a. 29p. (Boletim Técnico, 2)
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. E. & BOHNEN, H. **Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1969b. 39p. (Boletim Técnico, 2)
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. E.; VOLKWEISS, S. J.; PATELLA, J. F. & MACHADO, M. O. **Estudos iniciais de calibração de análises para fósforo e potássio do solo com a cultura do trigo**. Porto Alegre: UFRGS/IPEAS, 1969c. 10p.

- MIELNICZUK, J.; RHEINHEIMER, D. S. & VEZZANI, F. M. Interações fertilidade e conservação do solo. In: Fertbio 2000. **Resumos expandidos**. Santa Maria: UFSM/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 15p. (CDROM)
- MOHR, W. Análises de solos para fins de assistência aos agricultores: sua técnica e interpretação. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1950. p. 185-215.
- MURDOCK, J. T.; PAVAGEAU, M.; RUCKHEIM FILHO, O.; FRASCA FILHO, A.; FRATTINI, C. & KALCKMANN, R. E. **Determinação quantitativa da calagem**. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1969. Mimeografado. 18p.
- NABINGER, C; BOLDRINI, I. I.; CARVALHO, P. C. F. & DALL'AGNOL, M. **Melhoramento do campo nativo**. Porto Alegre: Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia - UFRGS, 2000. 15p (não publicado)
- NELSON, W. L.; MEHLICH, A. & WINTERS, E. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W. H.; NORMAN, A. G. (eds.). **Soil fertilizer phosphorus**. New York: Academic Press, 1953. p. 153-188. (Agronomy Series, 14)
- NICOLODI, M. **Indicadores para a tomada de decisão para a calagem no sistema plantio direto**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2003. 102p. (Dissertação de Mestrado)
- NICOLODI, M.; ANGHINONI, I. & SALET, R. L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá-de-corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação na linha no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, 69: 22-28, 2002.
- NICOLODI, M.; SALET, R. L. & BISSO, F. P. Variabilidade da amostragem de solo com trado no sistema plantio direto. In: Fertbio, 2000. **Resumos expandidos**. Santa Maria: SBCS/UFSM, 2000. (CDROM)
- NOLLA, A. & ANGHINONI, I. Índices de tomada de decisão para a calagem no sistema plantio direto. In: Fertbio 2002. **Resumos e Resumos Expandidos**. Rio de Janeiro: SBCS/Embrapa, 2002. (CDROM)
- NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D. & BASSO, C. **Usos do gesso agrícola**. Lages: EPAGRI, 2002. 31p. (Boletim Técnico, 122)
- NUERNBERG, N. J. ; MILAN, P. A. & SILVEIRA, C. A. M. **Manual da cultura da alfafa**. Florianópolis: EMPASC, 1990. 102p.
- OHSE, S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina C em alface sob hidroponia**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 121p. (Tese de Doutorado)
- PATELLA, J. F. **Sugestões para adubação: Rio Grande do Sul**. Pelotas: UFPEL/IPEAS, 1972. 9p.
- PANDOLFO, C. M. & TEDESCO, M. J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. **Pesquisa Agropecuária Catarinense**, 31:753-758, 1996.
- PÖTTKER, D. Correção da acidez em lavouras sob plantio direto e campo nativo. In: KAMINSKI, J. (Coord.) **Uso de corretivos de acidez do solo no sistema plantio direto**. Pelotas: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2000. p. 77-93.
- PROTAS, J. F. S. & SANHUEZA, R. M. V. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de maçã**. Bento Gonçalves: Embrapa – CNPUV, 2002. 64p. (Embrapa – CNPUV. Documentos, 33)

- PUNDEK, M. Revisão de trabalho. pundek@zaz.com.br. Mensagem pessoal. 16 fev. 2000.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A. M. L. **Recomendações de adubação e de calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J. A. 1983. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RECOMENDAÇÕES de adubação: adubos corretivos para fósforo e potássio. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1967. 4 f.
- REISENAUER, H. M. (Ed.) **Soil and plant tissue testing in Califórnia**. Berkeley: University of California, 1983. 56p. (Bulletin 1879)
- REUNIÃO DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA - ROLAS, 18, 1986, Passo Fundo. Ata [S.l.: s.n., s.d.] 8p
- RODRIGUES, A. L. M.; ANGHINONI, M. C. M.; TEDESCO, M. J. & GIANELLO, C. Critérios técnicos para disposição no solo de resíduos sólidos de curtume. In: **Congresso da IULTCS, 22**. Porto Alegre, 1993. 16p.
- ROLAS. Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, 56:5-34. 1981.
- SAN MARTIN, J. P. Frambuesa. In: **Curso de producción y comercialización de arandanos, frambuesas y moras**. Montevideo: Sociedad Uruguaya de Horticultura, 2003. (CDROM)
- SANTOS, O. S. (Ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM/Pró-Reitoria de Extensão, 2000. 167p.
- SANTOS, O.; OHSE, S.; MANFRON, P.; MEDEIROS, S.; MENEZES, N.; GARCIA, D.; NOGUEIRA, H.; SINCHAK, S. **Cultivo hidropônico da alface. VII. Solução nutritiva para redução do teor de nitrato na planta**. Santa Maria: UFSM, 2003. 4p. (Informe Técnico, 01/2003).
- SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:57-62. 1998.
- SCHERER, E. E. **Acidez de sete latossolos do Planalto Sulriograndense e avaliação de dois métodos para a determinação de suas necessidades de calagem**. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 1976. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. & DIAS, L. F. X. Caracterização e avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, 8:35-39, 1995a.
- SCHERER, E. E. ; BALDISSERA, I. T. & DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da quantidade de fertilizante do esterco de suínos a campo. **Revista Agropecuária Catarinense**, 8:40-43, 1995b.
- SCHLINDWEIN, J.A., & ANGHINONI, I. Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, 32:963-968, 2002.
- SCHLINDWEIN, J. A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:85-89, 2000.

- SCHMIDT, D. **Soluções nutritivas, cultivares e formas de sustentação de alface cultivada em hidroponia**. Santa Maria: UFSM, 1999. 98p. (Dissertação de Mestrado)
- SHOEMAKER, H. E; McLEAN, E. O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. **Soil Science Society of American Proceedings**, 25:274-277, 1961.
- SIQUEIRA, O. J. F.; SCHERER, E. E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J. F.; TEDESCO, M. J.; MILAN, P. A. & ERNANI, P. R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1987. 100p.
- TEDESCO, M. 1987. Orientação aos laboratórios da ROLAS para a implantação do método de determinação da argila por densímetro. IN: ATA 19ª Reunião da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos e Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. p 28-35. 1987. Porto Alegre.
- TEDESCO, M. J.; BOHNEN, H.; COELHO DE SOUZA, L. F. & PATELLA, J. F. A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina - passado e presente. In: Reunião Sul-Brasileira de Fertilidade do Solo, 1. **Anais...** Pelotas: Núcleo Regional Sul - SBCS/UFPel – FAEM, 1994. p. 1-4.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- UFRGS/Departamento de Solos. **Tabelas de adubação corretiva e adubação de manutenção para os solos e culturas dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: 1973. 11p.
- UFRGS/Departamento de Solos. **Tabelas de adubação corretiva e adubação de manutenção para solos e culturas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: 1976. 15p.
- UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). **Recomendações de adubação**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1968. 3p.
- USEPA. **Standards for the use and disposal of sewage sludge**. Washington: EPA, 1996. (Code of Federal Regulations, 40 CFR Part 503)
- VOLKWEISS, S.J. & KLAMT, E. "Operação Tatu": um programa de aumento da produtividade. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 22, n. 250, p. 37-41, 1969.
- VOLKWEISS, S.J. & KLAMT, E. "Operação Tatu": um programa de aumento da produtividade. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 12. Curitiba. **Resumos**. Curitiba: SBCS, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1971. p. 52-53.
- VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. **O melhoramento do solo pela calagem**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/FECOTRIGO - Departamento Técnico, 1976. 30p. (Boletim Técnico, 1)

APTIDÃO DE USO DAS TERRAS E SUA UTILIZAÇÃO NO PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

O solo é formado pela atuação do clima e dos organismos vivos sobre o material de origem (rochas), sendo localizado em diferentes condições de relevo, e por um período de tempo variável. O planejamento de uso que visa a sustentabilidade dos agroecossistemas deve considerar as características, as limitações ao uso e a distribuição geográfica dos solos e do ambiente.

Nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, ocorre uma grande variação de material geológico, de formas de relevo e de cobertura vegetal. As unidades de solos foram descritas e classificadas em levantamentos de solos feitos, na sua maioria, em escalas de natureza exploratória e de reconhecimento. Devido às limitações de escala, a identificação dos solos mostrada nos mapas deve ser confirmada a campo; devem ser utilizadas escalas mais detalhadas para o planejamento de microbacias hidrográficas e de propriedades agrícolas.

Uma propriedade rural ou uma microbacia hidrográfica pode apresentar glebas com vários tipos de solos, formados em áreas com diferentes características de relevo, tipo de rocha, vegetação e drenagem. Assim, por exemplo, podem ocorrer glebas em relevo ondulado, com solos bem drenados, avermelhados, profundos e arenosos, formados sobre arenito; glebas que ocupam várzeas planas ou mal drenadas, com solos pretos ou acinzentados e argilosos, formados sobre sedimentos depositados por rios ou arroios; e glebas que ocupam encostas com grande declividade, bem drenadas, com ou sem presença de pedras, onde o solo é raso. A aptidão de uso agrícola dessas glebas é diferente. Cada gleba deverá ser utilizada conforme sua aptidão, para que a unidade produtiva apresente uso eficiente e sustentável.

A determinação da aptidão de uso agrícola das terras é baseada na avaliação e na interpretação de características dos solos e da fisiografia das terras que indicam as qualidades ou limitações para o uso agrícola. As limitações estão relacionadas com: 1) dificuldades ou impedimentos para a adoção das práticas agrícolas; 2) restrições ao desenvolvimento das culturas; e, 3) riscos de degradação dos solos e do ambiente.

Para a avaliação da aptidão de uso agrícola, as terras são agrupadas em classes que indicam sua possibilidade de utilização para culturas anuais, para pastagens ou para reflorestamentos, sendo para cada um destes usos indicadas as práticas agrícolas necessárias. De modo geral, a metodologia adotada na classificação da capacidade de uso das terras baseia-se na avaliação qualitativa dos atributos das terras, com base na prática de campo. Assim, podem ocorrer discordâncias devidas às avaliações técnicas diferentes, utilizando-se critérios individuais que podem apresentar conclusões diferentes quanto à aptidão agrícola de uma mesma gleba.

A metodologia apresentada a seguir visa ordenar e homogeneizar os critérios de classificação da aptidão de uso agrícola das terras. Esta metodologia consiste na delimitação das áreas homogêneas quanto às características da terra, utilizando-se trabalhos de campo e de fotointerpretação, identificação e descrição dos solos e das características limitantes ao uso agrícola em cada uma das áreas.

A1.1 - CARACTERÍSTICAS E OCORRÊNCIA DOS SOLOS DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

Informações referentes às características morfológicas e químicas, à classificação, às principais limitações ao uso agrícola e à distribuição geográfica dos solos do Estado do Rio Grande do Sul, são apresentadas no "Levantamento de Reconhecimento dos Solos do RS" (Brasil, 1973a), no "Levantamento dos Recursos Naturais" (Brasil/IBGE, 1986) e no livro "Solos do Rio Grande do Sul" (Streck et al., 2002). Para o Estado de Santa Catarina, estas informações podem ser obtidas na publicação "Levantamento de Reconhecimento dos Solos de Santa Catarina" (Brasil, 1973b), em "Atlas de Santa Catarina" (Santa Catarina, 1986) e, com mais detalhes, na publicação "Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos de SC" (Embrapa, 1998). A Tabela A1.1 apresenta a descrição resumida das principais classes de solos, suas características dominantes e a indicação das regiões em que as mesmas ocorrem.

Tabela A1.1. Principais classes de solos, características dominantes e regiões de ocorrência nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Classes de solos	Características	Ocorrência ⁽¹⁾	
		RS - Unidades de mapeamento	SC - Unidades taxonômicas
Alissolos	Horizonte B textural ou B nítico, atividade da argila ≥ 20 cmol _c /dm ³ , alumínio, hipocrômicos ou crômicos. Enquadram-se nas classes de aptidão de uso agrícola de III a VIIse (RS) e 3f e 4dep (SC). Ver Tabelas A1.3 e A1.4.	Campanha e Depressão Central (Livramento, Santa Maria, Ramos e Tala) e na Encosta do Nordeste (Carlos Barbosa).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 3, 4, 6 e 7. Exemplo: perfil 74 ³ em Mafra (Alissolo Hipocrômico Argilúvico típico)
Argissolos	Horizonte B textural, argila de atividade baixa, cores vermelhas ou vermelho-amareladas ou acinzentadas, podendo ser distróficos, eutróficos ou aluminicos. Também se enquadram nas classes de aptidão de uso agrícola de IIIe a VIse (RS) e 2dprf ou 3def e 4de (SC). Ver Tabela A1.2 e A1.5.	Litoral (Tuia, Itapoá), Depressão Central (Alto das Canas, Bom Retiro, São Pedro, Vera Cruz, São Jerônimo, Rio Pardo, Gravataí), Encosta e Serra do Sudeste (Camaquã, Caldeirão, Carajás, Matarazzo), Campanha (Santa Tecla, São Pedro), Encosta do Nordeste (Pituva, Oásis), Planalto Médio (Júlio de Castilhos).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : Todas. Exemplos: perfil 12 ² em Garuva (Argissolo Amarelo Distrófico latossólico) e perfil 34 ³ em Água Doce (Argissolo Amarelo Distrófico típico)
Cambissolos	Horizonte B incipiente, hísticos, húmicos ou háplicos como também aluminicos, principalmente no RS. Enquadram-se nas classes de aptidão de uso agrícola de IVe a VIIse (RS) e 2dph ou 3dep ou 4de (SC). Ver Tabelas A1.2 e A1.5.	Encosta do Nordeste (Farroupilha), Campos de Cima da Serra (Rocinha, Bom Jesus).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : Todas. Exemplos: perfil 53 ³ em São Joaquim (Cambissolo Háptico Distrófico típico) e perfil 68 ³ em Mondai (Cambissolo Háptico Eutrófico léptico).
Chernossolos	Horizonte superficial escuro, argila de atividade alta, eutrófico (A chernozêmico), subdividindo-se em Ebanicos, Argilúvicos e Háplicos, com classes de aptidão de uso agrícola de IIIe a VIIse (RS) e 2dprp ou 3dep (SC). Ver Tabelas A1.2 e A1.5.	Campanha (Ponche Verde, Uruguaiana, Seival), Depressão Central (Vila), Encosta do Nordeste e Vale do Uruguai (Ciríaco).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 7 e 8. Exemplo: perfil 22 ³ em Saudades (Chernossolo Háptico Ferríco típico).

continua

Tabela A1.1. Continuação

Classes de solos	Características	Ocorrência ⁽¹⁾	
		RS - Unidades de mapeamento	SC - Unidades taxonômicas
Espodossolos	Horizonte B espódico, normalmente com presença de horizonte E, muito arenosos e hidromórficos. São de baixa fertilidade com classe de uso agrícola 4fh (SC). Ver Tabela A1.5.	Não ocorrem no Estado.	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 2, 3 e 4. Exemplo: perfil 37 ³ em Laguna (Espodossolo Cárstico Hidromórfico arenítico).
Gleissolos	Solos sob efeito de processos de oxidação e redução por oscilação do lençol freático, cores cinzentas com ou sem mosqueados, subdividindo-se em Melânicos e Háplicos. Enquadram-se nas classes de uso agrícola IVa se não inundáveis e VI se inundáveis (RS) e 1g para arroz irrigado ou 3prhf (SC). Ver Tabelas A1.2 e A1.5.	Litoral (Taim, Colégio), Campanha (Banhado), ocorrendo, associados aos Planossolos, principalmente, nas várzeas.	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Exemplo: perfil 18 ³ em Joinville (Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico).
Latossolos	Solos profundos, bem drenados, quimicamente pobres, com horizonte B latossólico, vermelho a bruno, distróficos (com presença de Al e Fe). Enquadram-se nas classes de aptidão de uso agrícola de IIe a IVe, dependendo do relevo (RS) e 1 ou 2def ou 3def (SC). Ver Tabelas A1.2 e A1.5.	Regiões de relevo suave ondulado a ondulado, nas Missões (Santo Ângelo, Cruz Alta), Planalto Médio (Passo Fundo, Erechim), Campos de Cima da Serra (Vacaria).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 5, 6, 7 e 8. Exemplos: perfil 25 ³ em Saudades (Latossolo Vermelho Distrófico típico) e perfil 54 ³ em Lages (Latossolo Amarelo Distrófico típico) e perfil 56 ³ em Santa Cecília (Latossolo Bruno Distrófico típico).
Luvissolos	Horizonte B textural, argila de atividade alta, saturação por bases alta, horizonte superficial não chernozêmico, diferenciando-se pela cor em Crômicos e Hipocrômicos. Classes de uso mais comuns de IIIe a VIe (RS). Ver Tabela A1.2.	Missões e Campanha (Virgínia), Depressão Central, Campanha e Serra do Sudeste (Cambal, Piraf, Bexigoso).	Não ocorrem no Estado.

continua

Tabela A1.1. Continuação

Classes de solos	Características	Ocorrência ⁽¹⁾	
		RS - Unidades de mapeamento	SC - Unidades taxonômicas
Neossolos	Solos pouco desenvolvidos, ausência de horizontes diagnósticos subsuperficiais, diferenciados. Subdividem-se em Regolíticos, Litólicos, Quartzarênicos e Flúvicos. Enquadram-se nas classes de aptidão de uso agrícola Vs, VI ou VIIse e VIII (RS) e 3dprep ou 4dep ou 5dp (SC). Ver Tabelas A1.3 e A1.4.	Litólicos: encontrados em relevo forte ondulado a montanhoso (Charrua, Caxias, Silveira, Guassupi, Pinheiro Machado, Pedregal); Flúvicos: desenvolvidos em sedimentos fluviais (Guaíba); Quartzarênicos: desenvolvidos em sedimentos arenosos (Osório, Curumin). Regossólicos: não mapeados.	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : Todas. Exemplos: perfil 1 ³ em Laguna (Neossolo Quartzarênico Órtico típico) e perfil 23 ³ em Saudades (Neossolo Regolítico Eutrófico típico) e perfil 50 ³ em São Joaquim (Neossolo Litólico Húmico típico).
Nitossolos	Correspondem às Terras Roxas e Brunas Estruturadas bem como alguns Podzólicos, horizonte B nítico com agregados brilhantes, diferenciados. Enquadram-se comumente nas classes de aptidão de uso agrícola de II e IVe (RS) e 2dpre ou 3dep ou 4dep (SC). Ver Tabelas A1.3 e A1.4.	Vermelhos: (Estação, São Borja); Háplicos: não mapeados.	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Exemplo: perfil 66 ³ em Curitibaanos (Nitossolo Háplico Distrófico típico).
Organossolos	Desenvolvidos de material orgânico, não minerais, diferenciados. Enquadram-se nas classes de aptidão de uso agrícola IVa se não inundáveis e VI se inundáveis, ou na VII por se encontrarem em áreas de preservação permanente (RS) e 1o para arroz irrigado ou 3fh (SC). Ver Tabelas A1.2 e A1.5.	Ocorrem principalmente na região litorânea (Kämpf & Schneider, 1989) Tiomórficos: (Taim); Mésico: (Itapuá, Torres); Háplicos: (Barcelos, Caldas)	Zonas Fisiográfica ⁽²⁾ : 1, 2, 3, 4, 6 e 7. Exemplo: perfil 40 em Sombrio. (Organossolo Mésico Hêmico típico).

continua

Tabela A1.1.1. Continuação

Classes de solos	Características	Ocorrência ⁽¹⁾	
		RS - Unidades de mapeamento	SC - Unidades taxonômicas
Planossolo	Incremento de argila em profundidade (gradiente textural abrupto), drenagem imperfeita a mal drenados, diferenciados. Classe de aptidão de uso agrícola mais comum é IV a se não inundável e VI se inundável. Ver Tabela A1.3.	Encontrados nas várzeas dos rios e região litorânea, cultivados com arroz irrigado. Hidromórficos: (Vacacai, Pelotas); Hápticos: (Bagé, São Gabriel).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Exemplo: perfil 18 ³ em Joinville (Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico).
Plintossolos	Horizonte subsuperficial plintico (matriz cinzenta com mosqueados), relevo suave ondulado, normalmente associados a Planossolos. Classe de aptidão de uso agrícola comum é IIIe a IVa. Ver Tabela A1.3.	Apesar de serem encontrados no Litoral e na Depressão Central, foram mapeados apenas na Campanha (Durasnal).	Zonas Fisiográficas ⁽²⁾ : 1, 5, 6, 7 e 8. Exemplos: perfil 25 ³ em Saudades (Latossolo Vermelho Distrófico típico) e perfil 54 ³ em Lages (Latossolo Amarelo Distrófico típico) e perfil 56 ³ em Santa Cecília (Latossolo Bruno Distrófico típico).
Vertissolos	Características vérticas, ou seja, com argilas expansíveis quando úmidas e contraídas quando secas. Classes de aptidão de uso agrícola mais comuns são IIIse e IVse, dependendo do relevo. Ver Tabela A1.3.	Campanha (Aceguá, Escobar).	Não ocorrem no Estado.

⁽¹⁾ Unidade de Mapeamento (RS) e Unidade Taxonômica (SC) estão entre parênteses.

⁽²⁾ Zonas Fisiográficas do Estado de Santa Catarina: 1) Litoral Norte; 2) Litoral Centro; 3) Litoral Sul; 4) Vale do Itajaí; 5) Planalto de Lages; 6) Planalto de Canoinhas; 7) Meio Oeste; 8) Oeste.

⁽³⁾ Perfis descritos no levantamento de solos de SC (Embrapa, 1998).

A1.2 - INDICADORES DE APTIDÃO DO USO AGRÍCOLA DOS SOLOS

Para a avaliação da aptidão de uso agrícola das terras é necessário avaliar as características dos solos, as características ambientais, e a legislação ambiental vigente.

A1.2.1 - Características do solo

O perfil do solo pode ser estudado em barrancos de estrada, em paredes de valos ou de buracos ou ainda em amostras tiradas com trado. O perfil do solo é composto por horizontes que variam conforme a natureza de cada um. A metodologia para a descrição de perfis de solos é descrita no "Manual de descrição e coleta de solo no campo" (Lemos & Santos, 1996) e a identificação dos mesmos por Embrapa (1999) e Streck et al. (2002).

No perfil e nos horizontes são feitas as avaliações das características utilizadas para classificar o solo e para identificar possíveis limitações ao seu uso agrícola. Estas características são:

a) Profundidade efetiva

É a profundidade em que as raízes das plantas podem se desenvolver naturalmente, podendo o solo ser profundo (> 80 cm), pouco profundo (40-80 cm) e raso (< 40 cm).

b) Textura

É determinada pela mistura de frações com diferentes diâmetros. As partículas são classificadas como areia (partículas grandes que podem ser vistas a olho nu, entre 2 e 0,05 mm); argila (partículas muito pequenas, vistas somente ao microscópio, menores que 0,002 mm); e silte (partículas com tamanho intermediário entre areia e argila). Dependendo da mistura destes componentes, o solo pode ser classificado quanto à textura como: arenoso (com predomínio de areia na mistura, não pegajoso, não moldável e com baixa retenção de água e de nutrientes); argiloso (com predomínio de argila na mistura, pegajoso, moldável quando molhado, boa capacidade de retenção de água e de nutrientes); e com textura média (com proporções semelhantes de argila e de areia na mistura, apresentando capacidade média de retenção de água e de nutrientes). Estas três classes correspondem, respectivamente, à textura arenosa (com menos de 15% de argila), à textura média (com 15 a 35% de argila) e à argilosa (mas de 35% de argila).

Para avaliar a textura de amostras de solo pode-se utilizar o triângulo textural simplificado, mostrado na Figura A1.1.

Deve-se examinar a textura em todos os horizontes para a identificação de um possível gradiente textural. Esta condição ocorre pela presença de um horizonte A mais arenoso sobre um horizonte B mais argiloso, indicando que este solo é muito mais sujeito à erosão do que quando a textura é semelhante em todos os horizontes. Nestas condições, a água da chuva infiltra rapidamente no horizonte A (arenoso) e mais lentamente no horizonte B (mais argiloso). Se ocorrer grande precipitação o horizonte A fica saturado, favorecendo o escoamento superficial da água da chuva e a erosão do solo.

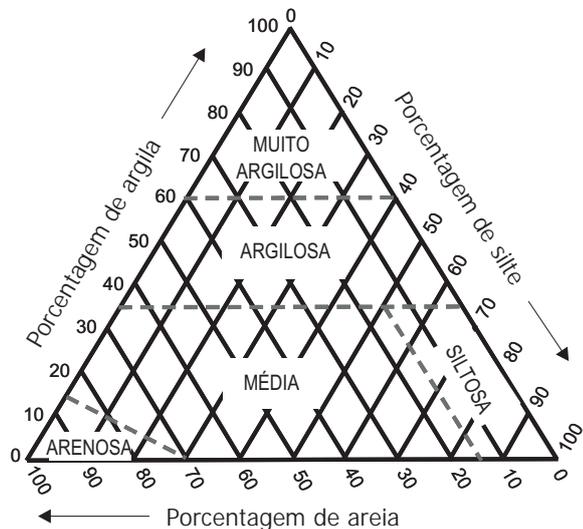


Figura A1.1. Triângulo textural simplificado para estimar a textura de amostras do solo.

c) Drenagem

Esta característica indica as condições do solo referentes à umidade e à drenagem com o tempo. Um solo pode ser considerado bem drenado quando não está encharcado a maior parte do tempo e a água infiltra rapidamente após as chuvas. Esta condição é observada em solos avermelhados e amarelados, que ocorrem no topo das coxilhas e nas encostas. Solos moderadamente drenados ocorrem quando o horizonte B (ou a sua parte inferior) apresenta-se encharcado durante algum tempo e não encharcado no restante do tempo. A cor do horizonte B é acinzentada e misturada com manchas avermelhadas e amareladas (mosqueados). O solo mal drenado caracteriza-se pelo encharcamento na maior parte do tempo, apresentando cores escuras e/ou acinzentadas em todo o perfil, sendo encontrado nas várzeas e nos banhados.

A1.2.2 - Características do ambiente

Além das características dos solos, as características do ambiente também afetam a aptidão de uso agrícola das terras. As principais características ambientais a serem avaliadas são:

a) Declividade

Corresponde ao desnível do terreno em porcentagem. Pode ser determinada com um nível (mangueira) de água (Figura A1.2) ou com um clinômetro. As faixas de declividade adotadas na avaliação da aptidão de uso agrícola das terras variam com o tipo de solo, podendo ser adotados os seguintes valores, válidos para solos profundos e argilosos, sem gradiente textural: a) menor que 6%: terras planas ou suavemente onduladas, pouco sujeitas à erosão e indicadas para lavouras; b) de 6 a 12%: terras onduladas sujeitas à erosão e regulares para lavouras; c) de 12 a 16%: terras fortemente onduladas muito sujeitas à erosão e que só podem ser usadas esporadicamente para lavouras; d) de 16 a 25%: terras muito declivosas extremamente sujeitas à erosão e que não permitem o uso para lavouras, sendo aptas para pastagem natural ou para silvicultura; e, e) maiores que 25%: terras extremamente declivosas que devem ser destinadas à preservação permanente. Para maior segurança, essas faixas podem ser reduzidas, especialmente em solos susceptíveis à erosão (arenosos, com presença de gradiente textural acentuado) e em solos escuros com argilas expansivas e facilmente dispersáveis em água.

b) Pedregosidade

Indica a presença de pedras que ocorrem na superfície do terreno e que, dependendo do tamanho e do número, podem dificultar ou impedir as práticas de cultivo com lavouras. Podem ser observadas as seguintes classes de pedregosidade: a) sem pedras: algumas pedras, quando presentes, não atrapalham o cultivo da terra; b) pedregosa: as pedras dificultam, mas não impedem o cultivo da terra para lavoura; e, c) muito pedregosa: as pedras não permitem o cultivo da terra para lavoura.

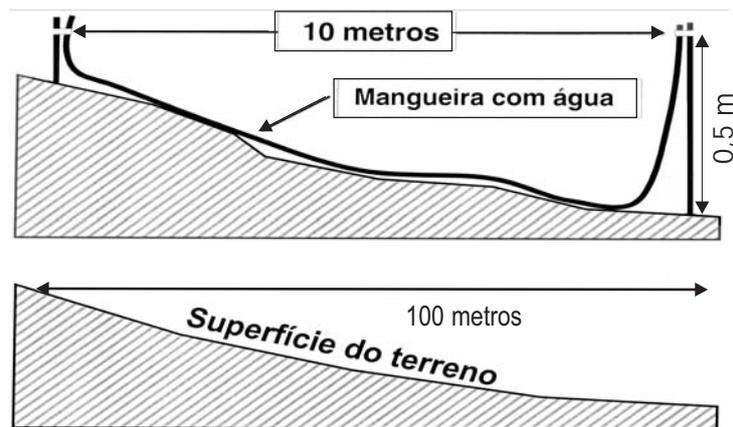


Figura A1.2. Determinação da declividade do terreno com um nível de água (mangueira). Neste exemplo, em 10 m de distância o desnível do terreno é de 0,5 m ou de 5%.

c) Degradação do Solo

É devida à utilização inadequada do solo, observando-se processos erosivos caracterizados pelo aparecimento de sulcos ou voçorocas que dificultam ou impedem o uso da terra. Consideram-se as seguintes classes de degradação: a) não degradado: solo sem sinais de erosão; b) moderadamente degradado: existência de sulcos ou valetas causadas pela erosão que dificultam, mas não impedem o preparo do solo; podem ocorrer também manchas de terreno onde a vegetação natural não cresce ou apresenta menor crescimento, indicando que foi perdido parte ou todo o horizonte A do solo, podendo, entretanto, ser a área recuperada para lavouras; e, c) degradado: quando ocorrem voçorocas profundas que impedem a implantação de lavouras.

d) Riscos de enchentes

Conforme a frequência e a duração das enchentes, pode-se considerar: a) sem riscos: quando as terras nunca são inundadas; b) com riscos de inundações ocasionais e de curta duração: quando as enchentes não impedem lavouras com plantas de verão que toleram o excesso de água, como arroz irrigado; e, c) com riscos de inundações frequentes: quando as enchentes não permitem a implantação de lavouras.

A1.3 - ENQUADRAMENTO DE CLASSES PELA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO RS

Enquadram-se na classe VIII (não exploráveis) as **Áreas de Preservação Permanente**, definidas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei 4771), pela Resolução Nº 303 de 20/03/2002 do CONAMA e pelo Código Estadual do Meio Ambiente (Lei Nº 11.520 de 03/08/2000).

A1.4 - CONCEITOS GERAIS DAS CLASSES E SUBCLASSES

Dependendo da combinação das características do solo e do ambiente, cada gleba de terra pode ser classificada em: terra apta para uso com lavouras, não apta para lavoura mas apta para pastagem, fruticultura ou reflorestamento, ou indicada somente para a preservação da vegetação natural e dos animais silvestres. Em cada um destes grupos, as terras se enquadram nas classes e subclasses de aptidão de uso agrícola descritas na Tabela A1.2. As classes são designadas por números romanos de I a VIII e as subclasses por letras minúsculas acrescentadas às classes como sufixos (Klingebiel & Montgomery, 1961; Lepsch et al., 1983). Estas letras indicam as principais limitações que uma terra apresenta, com base nas avaliações a campo.

Tabela A1.2. Descrição das classes e subclasses de aptidão de uso agrícola das terras

CLASSES	DESCRIÇÃO
GRUPO A: Terras indicadas para uso com lavouras	
I	Sem restrições. Esta classe é pouco encontrada no RS e em SC.
II	Poucas limitações de uso e riscos de erosão quando usadas para lavouras. Requer cultivos em curva de nível, culturas em faixas alternadas, rotação de culturas com inclusão de plantas recuperadoras ⁽¹⁾ , etc.
III	Limitações fortes e grandes riscos de erosão quando usadas com lavouras. Além das práticas da Classe II, requer terraceamento, cordões vegetados, sistemas de manejo conservacionista, plantio direto, etc.
IV	Limitações muito fortes para uso com lavouras e grandes riscos de erosão. Podem ser usadas eventualmente com lavouras (um ciclo a cada 3 ou 4 anos), devendo na maior parte do tempo ser utilizadas com plantas de ciclo longo (cana, capim elefante, pastagem cultivada). Exigem as práticas de conservação indicadas nas Classes II e III. Incluem-se também nesta classe as terras de várzea, mal drenadas, que permitem uso com arroz irrigado ou lavouras de sequeiro com espécies adaptadas, somente no verão, sob sistematização e drenagem.
GRUPO B: Terras não indicadas para uso com lavouras, devendo ser utilizadas para pastagem natural, fruticultura ou silvicultura.	
V	São terras planas, não sujeitas à erosão, mas com limitações muito severas que impedem o preparo do solo para lavouras, devido ao encharcamento, riscos frequentes de enchente, solo raso, muita pedra, etc.
VI	Terras que, mesmo quando usadas para mato ou pastagem natural, estão sujeitas à erosão por serem muito declivosas ou terem solos muito arenosos ou rasos.
VII	Terras que apresentam alto grau de restrição, mesmo para silvicultura ou pastagem natural, por serem altamente sujeitas à erosão, exigindo cuidados especiais. Em geral são terras muito declivosas, pedregosas e os solos são rasos.
GRUPO C: Terras não indicadas para fins agrícolas, devendo ser destinadas como áreas de preservação da vegetação natural e dos animais silvestres.	
VIII	Terras com grandes limitações devido ao declive muito acentuado, grande pedregosidade, solos rasos, presença de sulcos de erosão ou voçorocas, textura muito arenosa ou são áreas permanentemente saturadas que não podem ser drenadas e que impedem seu uso para qualquer tipo de exploração agrícola. Esta classe também inclui áreas de preservação permanente, protegidas por lei, tais como matas e áreas localizadas nas margens dos rios, arroios, sangas e vertentes, matas nativas, escarpas e bordas de escarpas, dunas e praias, etc.

continua

Tabela A1.2. Continuação

SUBCLASSES ⁽²⁾	DESCRIÇÃO
e	Limitações por riscos de erosão acentuados, devidas à: grande declividade, presença de gradiente textural, presença de argilas expansivas, baixa permeabilidade do solo quando úmido
s	Limitações devidas ao solo: raso, arenoso, pedregoso, com argilas expansivas, etc.
a	Limitações devidas ao excesso de água no solo
i	Limitações devidas a riscos de inundação
d	Limitações devidas à degradação: presença de sulcos e voçorocas

⁽¹⁾ Plantas com raízes densas e agressivas que agregam o solo e produzem muita palha para cobrir o solo, como aveia preta consorciada com ervilhaca, milho, mucuna, guandu, crotalária, feijão de porco, etc.

⁽²⁾ Letras minúsculas adicionadas às Classes (por exemplo, Classe VIIe).

No estabelecimento da aptidão de uso agrícola das terras aqui apresentada, são consideradas exclusivamente as características limitantes ao uso da terra de caráter permanente. Não são consideradas as características que podem ser facilmente modificadas, como a acidez e a baixa fertilidade. Estas podem ser corrigidas pela calagem e pela adubação adequadas ao sistema de produção.

Outras informações referentes aos critérios da classificação de aptidão das terras, com finalidade de uso agrícola ou para outros usos, são apresentadas por Brasil (1978), Lepsch et al. (1991), Ramalho & Beek (1994) e por Uberti et al. (1991). A classificação de aptidão do uso das terras em bacias hidrográficas é apresentada por Rocha & Kurtz (2001) e por Panichi et al. (1994).

A intensidade da limitação pode ser designada por números arábicos, em seqüência às letras minúsculas, conforme a Tabela A1.3, para a região dos agrossistemas dos solos arenosos da região da Campanha, no Estado do RS. As principais limitações ao uso agrícola das terras de uma região podem ser agrupadas num quadro, para facilitar o trabalho de campo (quadro-guia), conforme exemplificado na tabela A1.4, para o município de Santana do Livramento, no Estado do RS.

A1.5. INDICADORES DE APTIDÃO DE USO AGRÍCOLA DAS TERRAS DE SANTA CATARINA

No Estado de Santa Catarina está sendo utilizada, há mais de dez anos, metodologia para a avaliação da aptidão de uso agrícola das terras diferente em alguns aspectos daquela utilizada no Rio Grande do Sul, descrita anteriormente.

O Estado de Santa Catarina apresenta forte economia baseada na agricultura e na pequena propriedade rural de trabalho familiar, de diversificação de atividades e com poucos recursos técnicos e financeiros. Devido às condições de topografia

Tabela A1.3. Parâmetros utilizados para descrever as características das terras da região dos agroecossistemas dos solos arenosos da região da Campanha, no Estado do Rio Grande do Sul

Símbolo	Designação	Descrição
Classes de declividade		
d1	Plano a suave ondulado	0 - 6%
d2	Ondulado	6 - 12%
d3	Forte ondulado	12 - 25%
d4	Montanhoso	> 25%
Classes de profundidade e de pedregosidade		
p1	Profundo e sem pedras	> 80 cm
p2	Profundidade média com ou sem pedras	40 - 80 cm
p3	Raso com pedras	< 40 cm
Classes de degradação		
e1	Não degradado ou ligeiramente degradado	Presença de sulcos rasos ocasionais que não dificultam as práticas agrícolas e que se desfazem com o preparo.
e2	Moderadamente degradado	Presença freqüente de sulcos rasos que dificultam as práticas agrícolas e que não são desfeitos pelo preparo, tornando irregular a superfície do terreno.
e3	Degradado	Com sulcos e/ou voçorocas que impedem as práticas agrícolas.
Classes de drenagem		
h1	Bem a moderadamente drenado	Lençol freático e cores acinzentadas com mosqueados abaixo de 80 cm da superfície.
h2	Mal drenado	Lençol freático e cores acinzentadas com mosqueados ou não a menos de 80 cm da superfície.
Classes de riscos de inundação		
i1	Não inundável	Terras altas não inundáveis.
i2	Inundável	Ocorrem inundações esporádicas ou freqüentes, mas de curta duração.
i3	Inundável	Ocorrem inundações freqüentes e de longa duração.

Tabela A1.4. Classes da aptidão de uso das terras do município de Santana do Livramento, no Estado do Rio Grande do Sul (quadro-guia)

DECLIVIDADE %	DRENAGEM			
	Bem a moderadamente drenado (a1)		Moderadamente a imperfeitamente drenado (a2)	Mal drenado (a3)
	PEDREGOSIDADE			
	sem pedregosidade (r1)	Com pedregosidade (r2)	sem pedregosidade (r1)	
0 –6 (d1)	IIIse	VIse	IIIa	IVa
6 – 10 (d2)	IVse	VIse	-	-
>10 (d3)	VIse	VIIse	-	-

Observação: Áreas com desbarrancamentos e voçorocas, situadas junto a drenagens naturais, enquadram-se na Classe VIII.

Características gerais:

- Textura do solo: os solos apresentam textura arenosa nos horizontes superficiais e argilosa nos subsuperficiais, caracterizando a presença de gradiente textural abrupto.
- Profundidade: os solos são profundos (> 80 cm).

Fertilidade: os solos da área, de modo geral, são ácidos e com elevada saturação por alumínio trocável, com baixa fertilidade.

desfavoráveis que ocorrem, onde mais de 60% da área agrícola está situada em áreas com relevo forte ondulado a escarpado, com predominância de solos pedregosos ou rasos, nem sempre é viável a adoção de práticas e medidas utilizadas em outras regiões. A metodologia proposta para o estabelecimento da capacidade da utilização das terras desse Estado, será apresentada a seguir (Uberti et al., 1991).

A1.5.1 - Classes de Aptidão de Uso Agrícola

Foram estabelecidas cinco classes de aptidão de uso agrícola. A representação dessas classes é feita por algarismos arábicos de 1 a 5, em escala decrescente de possibilidades de utilização das terras. O fator limitante de maior intensidade determina o enquadramento de uma gleba de terra numa das classes. Cada fator determinante é representado por letra minúscula conforme segue: declividade: d; profundidade: pr; suscetibilidade à erosão: e; limitação por fertilidade: f; drenagem: h. Os fatores limitantes que determinam o enquadramento numa classe devem ser representados por sua(s) letra(s) correspondente(s) grafada(s) depois do algarismo representativo da classe.

Classe 1 – Aptidão boa para culturas anuais climaticamente adaptadas. São terras que apresentam nenhuma ou muito pequenas limitações e/ou riscos de degradação. Enquadram-se nesta classe, terras situadas em relevo plano ou suave ondulado, com profundidade efetiva superior a 100 cm, bem drenados, sem pedregosidade, susceptibilidade à erosão nula a ligeira, necessidade de correção da acidez e/ou fertilidade de baixo custo.

Observação: Para o cultivo do arroz irrigado, apesar de pouca profundidade efetiva e má drenagem, podem enquadrar-se na classe 1 os solos com horizontes glei (hidromórfico) e parte dos Organossolos, desde que satisfaçam os demais critérios da classe e que sejam observadas as práticas adequadas de manejo do lençol freático. Neste caso suas representações serão 1g (Gleissolos) e 1o (Organossolos).

Classe 2 – Aptidão regular para culturas anuais climaticamente adaptadas. São terras que apresentam limitações moderadas para a sua utilização com culturas anuais e/ou riscos moderados de degradação. Porém, podem ser cultivadas desde que aplicadas práticas adequadas de conservação e manejo do solo. Enquadram-se nesta classe as terras que tenham uma ou mais das seguintes características: relevo ondulado, profundidade efetiva de 50 a 100 cm, pedregosidade moderada, susceptibilidade à erosão moderada, alta necessidade de correção da acidez e/ou da fertilidade, bem como excessiva ou imperfeitamente drenado.

Classe 3 – Aptidão com restrições para culturas anuais climaticamente adaptadas, aptidão regular para fruticultura e boa aptidão para pastagens e reflorestamento. São terras que apresentam alto risco de degradação ou limitações fortes para utilização com culturas anuais, necessitando intensas e complexas medidas de manejo e conservação do solo se utilizadas com essas culturas. Porém, podem ser utilizadas com segurança, para pastagens, fruticultura ou para reflorestamento, apenas com práticas simples de manejo e de conservação do solo. Enquadram-se nesta classe, terras que possuem uma ou mais das seguintes características: relevo forte ondulado, pedregosa a muito pedregosa, forte susceptibilidade à erosão, muito alta necessidade de correção da acidez e da fertilidade e profundidade efetiva menor que 50 cm.

Observação: estão incluídos também nesta classe os Neossolos Quartzarênicos de granulação muito fina, com horizonte A proeminente ou A moderado e horizonte C de coloração vermelho amarela e de baixa fertilidade natural. Neste caso sua representação será 3a.

Classe 4 – Aptidão com restrições para fruticultura e aptidão regular ou com restrições para pastagens e reflorestamento. São terras que apresentam riscos de degradação e/ou limitações permanentes severas. São impróprias para a utilização com culturas anuais. Entretanto, podem ser utilizadas com culturas permanentes,

como pastagens e reflorestamento, protetoras do solo. Também podem ser utilizadas com fruticultura, desde que acompanhadas de práticas intensivas de conservação e manejo do solo. Enquadram-se nesta classe as terras com uma ou mais das seguintes características: relevo montanhoso, muito pedregosas, e susceptibilidade muito forte à erosão.

Observação: incluem-se também nesta classe os Neossolos Quartzarênicos de granulação fina e média, com horizonte A fraco, horizonte C cinza claro, muito baixa fertilidade natural e os Espodosolos. Neste caso sua representação será 4a.

Classe 5 – Para preservação permanente. São terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, inclusive o de florestas comerciais ou para qualquer outra forma de cultivo de valor econômico. Prestam-se para proteção e abrigo da flora e da fauna silvestre, recreação e armazenamento de água. Recomenda-se o reflorestamento apenas em áreas já descobertas. Suas limitações principais são: relevo escarpado, extremamente pedregosas, terras com predominância de afloramento rochoso, lençol freático permanentemente na superfície sem possibilidade de drenagem (pântanos e mangues), cabeceiras e deltas dos rios, áreas de matas ciliares, parte dos Organossolos, áreas com construções civis, mineração superficial e dunas. As áreas de preservação permanente estão previstas pela legislação brasileira no Código Florestal.

A1.5.2 - Fatores determinantes

Para o estabelecimento das classes de aptidão de uso agrícola devem ser estudados os seguintes fatores: declividade, profundidade efetiva, suscetibilidade à erosão, pedregosidade, fertilidade e drenagem.

a) Declividade (d)

A declividade é determinada com clinômetro e enquadrada nas classes a seguir:

Classe	Declive
	%
Plano	0 a 3
Suave ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Forte ondulado	20 a 45
Montanhoso	45 a 75
Escarpado	> 75

b) Profundidade efetiva (pr)

A profundidade efetiva é determinada pelo conhecimento da classe de solo, ou dentro de uma trincheira, ou em barranco de estrada, ou com trado, enquadrando-a conforme as classes a seguir:

Classe	Medida
	cm
Muito profundo	> 200
Profundo	100 a 200
Pouco profundo	50 a 100
Raso	< 50

Profundidade efetiva é a camada de solo sem impedimento ao crescimento normal das raízes. São impedimentos: presença ou vestígios do lençol freático, estrutura maciça coesa, pedregosidade e camada cimentada, entre outros.

c) Suscetibilidade à erosão (e)

A suscetibilidade à erosão é determinada pelo conhecimento do relevo e das propriedades físicas do solo. A determinação das perdas do horizonte A, conhecidas as condições originais, é um importante fator para essa determinação (nem sempre possível).

Graus de Limitação	Declividade	Propriedades físicas	Perdas do horizonte A
	%		%
Nulo	0 a 3	Boas	Não aparente
Ligeiro	3 a 8	Boas e regulares	< 25
Moderado	8 a 20	Regulares	25 a 75
Forte	20 a 45	Regulares e más	> 75
Muito forte	> 45	Más	Todo removido

Indicadores de propriedades físicas

Boas: Horizontes A chernozêmico, A proeminente ou A húmico > 25 cm; horizonte subsuperficial B latossólico ou B nítico > 50 cm; gradiente textural (B/A) < 1,5; profundidade efetiva profunda ou muito profunda; consistência a úmido (A e B) muito friável ou friável.

Regulares: Horizonte A moderado > 15 cm ou A húmico ≤ 25 cm; horizonte subsuperficial B nítico ≤ 50 cm ou B incipiente > 50 cm; gradiente textural (B/A) 1,5 a 1,8; profundidade efetiva pouco profunda; consistência a úmido (A e B) firme ou solto.

Más: Horizonte A fraco ou A moderado ≤ 15 cm ou ausente; horizonte subsuperficial B textural, ou B espódico ou B incipiente ≤ 15 cm ou ausente; gradiente textural (B/A) > 1,8; profundidade efetiva raso; consistência a úmido muito firme ou extremamente firme.

Caso as características de declive de uma gleba e as suas propriedades físicas apresentem graus de limitação diferentes, considerar sempre para o enquadramento a pior situação, como medida de segurança.

d) Pedregosidade (p)

A pedregosidade é determinada por visualização local e/ou pelo conhecimento do perfil do solo, conforme as seguintes classes:

Classe	Presença de pedras na massa do solo	Distância entre pedras na superfície
	%	m
Não pedregosa	Ausência ou < 1	-
Moderadamente pedregosa	1 a 3	10 a 30
Pedregosa	3 a 15	1,5 a 10
Muito pedregosa	15 a 50	0,75 a 1,5
Extremamente pedregosa	50 a 90	< 0,75

A pedregosidade representa o percentual da superfície e/ou massa do solo ocupada por calhaus (2 a 20 cm) e por matacões (20 a 100 cm).

e) Fertilidade (f)

Para facilitar o trabalho prático do técnico é usado como índice de fertilidade o valor do pH da gleba, determinado por um potenciômetro portátil e enquadrando os valores determinados num dos graus de limitação da tabela ao lado.

Grau de limitação	pH
Muito baixo	> 5,6
Baixo	5,3 a 5,6
Médio	4,9 a 5,2
Alto	4,5 a 4,8
Muito alto	< 4,5

Normalmente o valor do pH está relacionado com os teores de alumínio trocável, fósforo disponível, saturação por bases, disponibilidade de cálcio, de magnésio, de potássio e de

micronutrientes do solo, bem como à nitrificação. Assim, pelo conhecimento do pH podem ser estimados graus de limitação relacionados à fertilidade, com boa segurança.

Não considerar o pH para Organossolos.

Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos apresentam graus de limitação "alto" e "muito alto" devidos à fertilidade, independentemente do pH que apresentem.

f) Drenagem (d)

A drenagem é determinada pelo conhecimento da textura do solo e da presença ou não de horizonte glei, conforme as seguintes classes:

Classes	Evidências de mosqueado e/ou gleização (cm)	Textura no perfil
Excessivamente drenado	Ausente	Arenosa, arenosa a média
Bem drenado	Ausente ou > 100	Argilosa, média, muito argilosa (basalto)
Imperfeitamente drenado	50 a 100	-
Mal drenado	< 50	-

Os Neossolos Litólicos situados em topografia acidentada e os Latossolos muito profundos e muito friáveis normalmente são excessivamente drenados.

A1.5.3 - Diagnóstico das classes

Estabelecidos os fatores determinantes, podem ser indicadas as classes de aptidão de uso agrícola, conforme a Tabela A1.5.

Tabela A1.5. Intensidade dos fatores determinantes das classes de aptidão de uso agrícola das terras

Fatores determinantes	1. Declividade				
	Plano ou suave ondulado (1d)	Ondulado (2d)	Forte ondulado (3d)	Montanhoso (4d)	Escarpado (5d)
2. Profundidade efetiva					
Muito profundo	1	2d	3d	4d	5d
Profundo	1	2d	3d	4d	5d
Pouco profundo	2pr	2pr	3d	4d	5d
Raso	3pr	3pr	3pr	4d	5d
3. Suscetibilidade a erosão					
Nulo	1	2d	3d	4d	5d
Ligeiro	1	2d	3d	4d	5d
Moderado	2e	2e	3d	4d	5d
Forte	3e	3e	3e	4d	5d
Muito forte	4e	4e	4e	4e	5d
4. Pedregosidade					
Não pedregosa	1	2d	3d	4d	5d
Moderadam. pedregosa	2p	2d	3d	4d	5d
Pedregosa	3p	3p	3d	4d	5d
Muito pedregosa	3p; 4p ⁽³⁾	3p; 4p ⁽³⁾	3p; 4p ⁽³⁾	4p	5d
Extremamente pedregosa	5p	5p	5p	5p	5p
5. Fertilidade					
Muito baixo	1	2d	3d	4d	5d
Baixo	1	2d	3d	4d	5d
Médio	1	2d	3d	4d	5d
Alto	2f	2f	3d	4d	5d
Muito alto	3f	3f	3f	4d	5d
6. Drenagem					
Excessivamente drenado	(2h) ⁽¹⁾ , (3a) ⁽¹⁾ ; (4a)	2d	3d	4d	5d
Bem drenado	1	2d	3d	4d	5d
Imperfeitamente drenado	2h	2h	3d	4d	5d
Mal drenado	3h; (1g; 1o) ⁽²⁾	3h	3d	4d	5d

⁽¹⁾ (2h): Latossolos e Neossolos Litólicos que armazenam pouca água disponível; (3a): Neossolos Quartzarênicos com A proeminente e A moderado, C vermelho-amarelo e fertilidade baixa; (4a): Neossolos Quartzarênicos com A fraco, C cinza claro, fertilidade natural muito baixa e Espodossolos.

⁽²⁾ (1g; 1o): no caso de uso com a cultura do arroz irrigado em Gleissolos (g), ou Organossolos (o) com potencial para a cultura.

⁽³⁾ 4p: Classe de solos muito pedregosa, próximo ao seu limite superior (50% de pedras).

Apêndice A1.1. Correspondência⁽¹⁾ entre classes de solos do Levantamento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul⁽²⁾ e do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos⁽³⁾ para as unidades de mapeamento

Unidades de Mapeamento ⁽¹⁾	Levantamento de solos	
	1973 (anterior)	Sistema Brasileiro 1999 (atual)
Aceguá	Vertisol	Vertissolo Ebânico órtico chernossólico – Veo 1
Alto das Canas	Laterítico Bruno-Avermelhado eutrófico textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico latossólico – PVd3
Bagé	Planosol Vértico textura argilosa	Planossolo Háptico eutrófico vértico – GXe 2
Banhado	Glei-Húmico-Eutrófico textura argilosa	Gleissolo Háptico Ta eutrófico vértico
Bexigoso	Brunizém raso textura argilosa	Luvissolo Hipocrômico órtico típico – Tpo
Bom Jesus	Cambisol Húmico álico textura argilosa	Cambissolo Húmico alumínico típico – CHa 1
Bom Retiro	Podzólico Vermelho – Amarelo abrupto textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico arênico – PVd 1
Caldeirão	Podzólico Vermelho – Amarelo equivalente Eutrófico abrupto textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo eutrófico abrupto – PVAe 2
Camaquã	Podzólico Vermelho – Amarelo textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico típico
Cambaí	Brunizém Avermelhado raso textura argilosa	Luvissolo Crômico órtico típico – PVA4 4
Carajá	Podzólico Vermelho Amarelo equivalente Eutrófico álbico textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo eutrófico abrupto – PVAe 1
Carlos Barbosa	Laterítico Bruno – Avermelhado Distrófico textura argilosa	Alissolo Hipocrômico órtico nitossólico – Apo
Caxias	Solos Litólicos Distróficos Álicos textura média	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd 1
Cerrito	Laterítico Bruno – Avermelhado Distrófico textura argilosa	Latossolo Vermelho distrófico argiloso – LVd 1
Charrua	Solos Litólicos Eutróficos textura média	Neossolo Litólico eutrófico chernossólico – Rle 1
Ciríaco	Brunizém – Avermelhado Raso textura argilosa	Chernossolo Argilúvico distrófico típico – MTf
Colégio	Glei Húmico Eutrófico textura média	Gleissolo Melânico eutrófico típico – Gme 1
Cruz Alta	Latosol Vermelho – Escuro Distrófico textura média	Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd 2
Curumim	Areias Quartzosas Hidromórficas Distróficas	Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico – RQg 1
Dunas	Areias Quartzosas não fixadas	Neossolo Quartzarênico – RQ 1

continua

Apêndice A1.1. Continuação

Unidades de Mapeamento ⁽¹⁾	Levantamento de solos	
	1973 (anterior)	Sistema Brasileiro 1999 (atual)
Durasnal	Hidromórfico – Cinzento Eutrófico Concrecionário textura argilosa	Plintossolo Argilúvico eutrófico abrupto – FTe
Durox	Latosol Húmico Distrófico álico textura argilosa	Latossolo Vermelho distroférrico típico – LVdf 1
Erechim	Latosol roxo distrófico álico textura argilosa	Latossolo Vermelho aluminoférrico típico – Lvaf 2
Erval Grande	Latosol Bruno Distrófico álico textura argilosa	Latossolo Bruno aluminico típico – Lba 2
Escobar	Vertisol	Vertissolo Ebânico órtico típico – Veo 2
Estação	Laterítico Bruno – Avermelhado Distrófico álico	Nitossolo Vermelho distroférrico latossólico – NVdf 1
Farroupilha	Cambisol Húmico – álico argilosa	Cambissolo Húmico aluminico típico – Cha 2
Formiga	Brunizém Hidromórfico textura média	Chernossolo Argilúvico carbonático típico – MTK
Gravataí	Podzólico Vermelho – Amarelo textura média	Argilossolo Vermelho distrófico latossólico – PVD 4
Guaíba	Solos Aluviais Eutróficos e Distróficos textura indiscriminada	Neossolo Fluvico – RU
Guaritas	Solos Litólicos Eutróficos textura arenosa	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd 2
Guassupi	Solos Litólicos Distróficos textura média	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd 3
Ibaré	Solos Litólicos Eutróficos textura média	Neossolo Litólico eutrófico típico – Rle 3
Ibicuí	Areias Quartzosas Distróficas	Neossolo Quartzarênico – RQ 2
Itapeva	Glei Húmico Eutrófico textura argilosa	Gleissolo Melânico eutrófico típico – Gme 2
Itapoã	Podzólico Vermelho – Amarelo Abrupto textura média	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico arênico – PVAd 1
Júlio de Castilhos	Podzólico Vermelho – Amarelo álico textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo aluminico típico – PVAa 3
Lagoa	Areias Alcalinas Hidromórficas	Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico – RQg 2
Lavras	Solos Litólicos Eutróficos textura média	Neossolo Litossólico eutrófico chernossólico – Rle 2
Livramento	Solos Brunos Gleizados Distróficos textura argilosa	Alissolo Hipocrômico argilúvico abrupto – APT 1
Mangueira	Solonetz – Solodizado textura argilosa	Planossolo Nátrico órtico típico – Sno 2
Matarazo	Brunizém Avermelhado textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico típico – PVAd 5
Oásis	Laterítico Bruno – Avermelhado Distrófico húmico textura argilosa	Argissolo Vermelho – Amarelo aluminico alissólico – PVAa 1
Osório	Areias Quartzosas Distróficas	Neossolo Quartzarênico órtico típico – Rqo

continua

Apêndice A1.1. Continuação

Unidades de Mapeamento ⁽¹⁾	Levantamento de solos	
	1973 (anterior)	Sistema Brasileiro 1999 (atual)
Passo Fundo	Latosol Vermelho –Escuro Distrófico textura argilosa	Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd 3
Pedregal	Solos Litólicos Eutróficos textura média	Neossolo Litólico eutrófico típico – Rle 4
Pelotas	Planosol textura argilosa	Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico – Sge 3
Pinheiro Machado	Solos Litólicos Distróficos textura média	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd 4
Piraí	Brunizém Hidromórfico textura argilosa	Luvissolo Hipocrômico órtico típico – Tpo 2
Pitua	Laterífico Bruno – Avermelhado	Argissolo Vermelho distrófico típico – PVd 6
Ponche Verde	Brunizém Hidromórfico Vértico textura argilosa	Chernossolo Argilúvico órtico vértico – Mto 2
Ramos	Solos Brunos – Gleizados Distróficos textura média	Alissolo Crômico argilúvico típico – Act
Rio Pardo	Laterífico Bruno – Avermelhado Distrófico textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico latossólico – PVd 5
Rocinha	Cambisol Hístico álico textura argilosa	Cambissolo Hístico aluminico tóxico – Cla
Santa Clara	Podzólico Vermelho – Amarelo Abrúptico textura média	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico arênico – PVAd 2
Santa Maria	Brunizém Hidromórfico textura média	Alissolo Hipocrômico argilúvico típico – Apt 2
Santa Tecla	Laterífico Bruno – Avermelhado	Argissolo Vermelho eutrófico latossólico – PVe
Santo Ângelo	Latosol Roxo Distrófico textura argilosa	Latossolo Vermelho distroférico típico – LVdf 2
São Borja	Laterífico Bruno – Avermelhado Distrófico textura argilosa	Nitossolo Vermelho distroférico latossólico – NVdf 2
São Gabriel	Planosol textura argilosa	Planossolo Háptico eutrófico típico
São Jerônimo	Laterífico Bruno – Avermelhado Distrófico textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico típico – PVd 7
São Pedro	Podzólico Vermelho Amarelo textura média	Argissolo Vermelho distrófico arênico – PVd 2
Seival	Brunizém raso textura argilosa	Chernossolo Ebânico eutrófico típico – Meo
Silveiras	Solos Litólicos Distróficos Húmicos álicos textura média	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd 5
Taim	Solos Orgânicos Salinos e Sulfatados	Organossolo Tiomórfico sáprico salino – OJs
Tala	Planosol textura média	Alissolo Hipocrômico argilúvico abruptico – Apt 3
Tuia	Podzólico Vermelho – Amarelo abruptico textura média	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico arênico – PVAd 5
Tupanciretã	Podzólico Vermelho – Amarelo textura média	Argissolo Vermelho – Amarelo distrófico típico – PVAd 6

continua

Apêndice A1.1. Continuação

Unidades de Mapeamento ⁽¹⁾	Levantamento de solos	
	1973 (anterior)	Sistema Brasileiro 1999 (atual)
Uruguaiana	Brunizém Hidromórfico cálcico textura argilosa	Chernossolo Ebânico carbonático vértico – MEk
Vacacaí	Planosol textura média	Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico - SGe 1
Vacaria	Latosol Bruno Distrófico alíco textura argilosa	Latossolo Bruno aluminico cambico – LBa 1
Venda Grande	Brunizém raso	Chernossolo Argilúvico ótico sarprolítico
Vera Cruz	Podzólico Vermelho – Amarelo textura média	Argissolo Vermelho – Amarelo aluminico alissólico – MTo 1
Vila	Brunizém Avermelhado textura argilosa	Chernossolo Háplico ótico típico – Mxo 1
Virgínia	Brunizém Avermelhado textura argilosa	Luvissolo Crômico pálico abruptico - TCp

⁽¹⁾ Streck et al. (2002).

⁽²⁾ Brasil (1973a).

⁽³⁾ Embrapa (1999).

Observação: a correlação foi feita utilizando-se a descrição e análise de perfis completos de solos do Levantamento de 1998, classificando-os pelas chaves de classificação até o 4º nível (subgrupos) pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999).

Apêndice A1.2. Correspondência entre as classes de solos do Levantamento de Solos de Santa Catarina (1998)⁽¹⁾ e os subgrupos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999)⁽²⁾

Levantamento de Solos de 1998 (anterior)	Sistema Brasileiro de 1999 (atual)
Areias Quartzosas Marinhas – AM Perfis 01 e 14	Neossolo Quartzarênico órtico típico – RQo
Areias Quartzosas Vermelho-Amarelas – AQ. Perfil 08	Neossolo Quartzarênico órtico típico – Rqo
Cambissolo Álico Tb, A moderado, textura argilosa – Ca Perfil 04	Cambissolo Háptico aluminico típico – CXa
Cambissolo Álico Tb, A moderado, textura média – Ca Perfil 09	Cambissolo Háptico Tb distrófico típico – CXbd.
Cambissolo Álico Tb, A proeminente, textura muito argilosa – Ca Perfil 30	Cambissolo Háptico aluminico típico – Cxa
Perfil 43	Cambissolo Húmico aluminico típico – Cha
Perfil 48	Latossolo Bruno aluminico típico – LBa
Cambissolo Álico Tb, A húmico, textura muito argilosa – Ca Perfil 33	Cambissolo Húmico aluminico típico – Cha
Perfil 42	Cambissolo Húmico aluminoférrico típico – Chaf
Perfil 46	Latossolo Bruno distrófico típico – LBd
Perfil 63	Latossolo Bruno aluminico húmico câmbico – LBah
Cambissolo Álico Ta, A proeminente, textura argilosa e média – Ca Perfil 38	Cambissolo Háptico aluminico típico – Cxa
Cambissolo Distrófico Tb, A moderado, textura argilosa – Cd Perfil 17	Cambissolo Háptico Tb distrófico típico – CXbd
Cambissolo Eutrófico Tb, A moderado, textura argilosa – Ce Perfil 19	Cambissolo Háptico Ta eutrófico típico – Cxve
Cambissolo Eutrófico Ta, gleico, A moderado, textura média – Ce Perfil 36	Cambissolo Háptico Ta eutrófico gleico – CXve
Cambissolo Eutrófico Ta, A chernozêmico, textura argilosa – Ce Perfil 22	Chernossolo Háptico férrico típico – MXf.
Perfis 58 e 68	Cambissolo Háptico eutrófico léptico – CXef.
Glei Húmico – HGH Perfis 41 e 76	Gleissolo Melênico aluminico incéptico – Gma
Glei Pouco Húmico – HGP Perfil 18	Gleissolo Háptico Tb distrófico típico – GXbd

continua

Apêndice A1.2. Continuação

Levantamento de Solos de 1998 (anterior)	Sistema Brasileiro de 1999 (atual)
Latossolo Bruno – LB	Latossolo Bruno distrófico húmico – LBd
Perfil 29	
Perfil 65	Latossolo Bruno distrófico típico – LBd
Latossolo Bruno-Roxo –LBR	Nitossolo Vermelho eutrófico latossólico – Nvef
Perfil 60	
Perfis 27, 28, 70 e 72	Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd.
Latossolo Bruno Vermelho-Escuro – LBE	Latossolo Bruno distrófico húmico – LBd
Perfis 31 e 47	
Perfil 57	Latossolo Bruno distrófico típico – LBd
Latossolo Roxo – LR	Latossolo Vermelho distroférrico típico – LVdf
Perfis 21 e 25	
Perfil 24	Latossolo Vermelho-Amarelo distroférrico típico – LVAdf
Latossolo Vermelho-Amarelo – LV	Latossolo Amarelo distrófico típico – Lad
Perfil 11	
Perfil 78	Latossolo Aarelo distrófico argissólico – Lad
Podzol Hidromórfico – P	Espodossolo Cárbico hidromórfico arenico – EKg
Perfil 37	
Podzólico Bruno-Acinzentado – PB	Alissolo Hipocrômico órtico típico – APo
Perfil 52	
Perfil 74	Alissolo Hipocrômico argilúvico típico – Apt
Podzólico Vermelho-Amarelo – PV	Nitossolo Háptico distrófico argissólico – NXd
Perfil 03	
Perfil 05	Cambissolo Háptico aluminico argissólico – Cxa
Perfil 06	Alissolo Hipocrômico argilúvico abruptico – Apt
Perfis 12 e 20	Argissolo Amarelo distrófico latossólico – Pad
Perfis 13 e 15	Latossolo Amarelo distrófico típico – LAd
Perfil 16	Argissolo Amarelo distrófico abruptico – Pad
Perfil 39	Latossolo Bruno distrófico típico – LBd
Podzólico Vermelho-Escuro – PE	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abruptico – PVAd
Perfil 02	
Perfil 07	Nitossolo Vermelho distroférrico latossólico – NVdf
Solos Litólicos Álicos, A húmico e proeminente, textura muito arenosa – Ra	Neossolo Litólico distrófico típico – RLd
Perfil 35	
Solos Litólicos Álicos, A húmico, textura argilosa – Ra	Neossolo Litólico húmico típico – RLh
Perfil 50	
Solos Litólicos Eutróficos, A chernozêmico e moderado. textura arenosa – Re	Neossolo Regolítico eutrófico típico – Rre
Perfil 44	
Solos Litólicos Eutróficos. A chernozêmico e moderado, textura média – Re	Neossolo Regolítico eutrófico típico – Rre

continua

Apêndice A1.2 - Continuação

Levantamento de Solos de 1998 (anterior)	Sistema Brasileiro de 1999 (atual)
Perfis 10, 23 e 69	
Perfil 49	Neossolo Litólico eutrófico chernossólico – Rle
Solos Litólicos Álicos, A húmico, textura argilosa – Ra	Neossolo Litólico húmico típico – RLh
Perfil 50	
Perfis 51 e 61	Neossolo Regolítico distrófico típico – RRd
Solos Litólicos Eutróficos, A chernozêmico e moderado, textura argilosa – Re	Neossolo Regolítico eutrófico típico – Rre
Perfil 44	
Solos Litólicos Eutróficos. A chernozêmico e moderado, textura média – Re	Neossolo Regolítico eutrófico típico – Rre
Perfis 10, 23 e 69	
Perfil 49	Neossolo Litólico eutrófico chernossólico – Rle
Solos Orgânicos – HO	Organossolo Mésico hêmico típico – Oyy
Perfil 40 e 77	
Terra Bruna Estruturada – TB	Argissolo Amarelo distrófico típico – Pad
Perfil 34	
Perfil 53	Cambissolo Háptico distrófico típico – CXd
Perfis 54 e 73	Latossolo Amarelo distroférico típico – Lad
Perfis 55 e 56	Latossolo Bruno distrófico típico – LBd Pedras no perfil 55).
Perfil 64	Nitossolo Háptico alumínico típico – NXa
Perfil 66	Nitossolo Háptico distrófico típico – NXd
Perfil 71	Argissolo Amarelo distrófico latossólico – Pad.
Terra Bruna-Roxa Estruturada – TBR	Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico – PVAe
Perfil 26	
Perfil 45	Nitossolo Vermelho eutroférico típico – Nvef
Perfil 59	Alissolo Hipocrômico órtico nitossólico – Apo
Terra Roxa Estruturada – TR	Argissolo Vermelho eutroférico típico – Pvef
Perfil 67	

(1) Embrapa (1998).

(2) Embrapa (1999).

Observação: a correlação foi feita utilizando-se a descrição e análise de perfis completos de solos do Levantamento de 1998, classificando-os pelas chaves de classificação até o 4º nível (subgrupos) (Embrapa, 1999). Algumas classes de solos descritas no citado Levantamento não contêm descrição de perfis, impossibilitando a correlação.

A1.6 - BIBLIOGRAFIA CITADA

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pedologia. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973a. 431p. (Boletim Técnico nº 30)

- BRASIL. Ministério da Educação / Ministério do Interior. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina**. Imprensa da UFRGS, Vol.1 e 2. 1973b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura/Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. **Aptidão agrícola das terras – estudos básicos para o planejamento agrícola – n.1, Rio Grande do Sul**. Brasília: 1978. 55p.
- BRASIL, IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais. Folha SH .22. Porto Alegre**. Rio de Janeiro: 1986. 796p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1998. 494p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FREITAS, P. L. & KER, J. C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: Castro Filho, C. & Muzilli, O. (Ed.) **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR, 1996.
- KÄMPF, N. & SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 13:227-236, 1989.
- KLINGEBIEL, A. A. & MONTGOMERY, P. H. **Land-capability classification**. Soil Conservation Service, U.S. Government Printing Office. Washington D.C. (Handbook, 210), 1961. 21p.
- LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3 ed. Campinas:SBSC/CNPSolos, 1996. 83p.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, Jr. R.; BERTOLINI, D. & SPINDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de aptidão de uso**. 4ª. Aprox. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1983. 175p.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D. & SPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4 aprox., 2 imp., rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- PANICHI, J. A. V.; BACIC, I. L. Z.; LAUS NETO, J. A.; CHANIN, Y. M. A.; SEIFFERT, N. F. & VIEIRA, H. J. **Metodologia para o inventário das terras em microbacias hidrográficas**. Florianópolis: EPAGRI. 1994. 50p.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras** – 3 ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65p.
- ROCHA, J. S. M. & KURTZ, S. M. J. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: Edições UFSM, CCR/UFSM, 2001. 302p.
- SANTA CATARINA (Estado). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1986. 173p.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. & SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 2002. 107p.
- UBERTI, A. A. A.; BACIC, I. L. Z.; PANICHI, J. de A. V.; LAUS NETO, J. A.; MOSER, J. M.; PUNDEK, M. & CARRIÃO, S. L. **Metodologia para classificação de aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1991. 19p. (EMPASC Documentos, 119)

ASPECTOS REFERENTES À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE FERTILIZANTES E DE CORRETIVOS

A2.1 - CORRETIVOS

Corretivos são produtos que contêm substâncias capazes de corrigir uma ou mais características do solo desfavoráveis às plantas. Podem ser assim classificados (Brasil, 2004c):

a) corretivo de acidez: produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos;

b) corretivo de alcalinidade: produto que promove a redução de alcalinidade do solo;

c) corretivo de sodicidade: produto que promove a redução da saturação de sódio do solo;

d) condicionadores de solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente.

As principais informações sobre a legislação brasileira de corretivos são especificadas pelo Decreto nº 4.954 de 14/01/2004 (Brasil, 2004a); pela Portaria nº 01, de 04/03/1983 (Brasil, 1983a); pela Instrução normativa nº 10, de 06/05/2004 (Brasil, 2004b); e pela Instrução normativa nº 4 de 2 de agosto de 2004 (Brasil, 2004c). Serão a seguir apresentados alguns aspectos referentes à legislação de corretivos de acidez.

A2.1.1 - Garantias e tolerâncias

Os corretivos de acidez devem apresentar garantias quanto à sua composição química e às propriedades físicas, principalmente quanto à granulometria (tamanho de partículas).

a) Garantias químicas

Devem ser garantidos os valores de PN (E_{CaCO_3}) e concentrações de Ca e de Mg expressas na forma de óxidos (CaO e MgO), apresentados nas Tabela 8.2.

Os corretivos são classificados quanto ao valor de PRNT e à concentração de MgO, conforme apresentado nas Tabelas 8.2 e 8.3 respectivamente.

Podem ser toleradas deficiências de até 20%, quando os teores de componentes garantidos ou declarados forem menores ou iguais a 5% ou até 10% para os teores garantidos ou declarados maiores que 5%. Para o caso de excesso, os limites de tolerância para CaO e MgO não poderão ser superiores a 100%, quando os teores dos componentes garantidos ou declarados do produto forem inferiores ou iguais a 5%, e até 50% para os teores garantidos ou declarados superiores a 5% sem exceder três unidades.

b) Garantias físicas

Em relação à granulometria, os corretivos de acidez devem se enquadrar na classe "pó". A legislação para esta classe prevê que 100% do material passe em peneira de 2 mm (ABNT nº 10), com tolerância de 5% (mínimo de 95% de partículas menores que 2 mm); 70% passe em peneira de 0,84 mm (peneira ABNT nº 20) (com tolerância de 5%) e 50% passe em peneira de 0,30 mm (peneira ABNT nº. 50).

A2.2 - FERTILIZANTES

Fertilizantes são substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes de plantas, sendo:

a) fertilizante mineral; b) fertilizante orgânico; c) fertilizante mononutriente; d) fertilizante binário; e) fertilizante ternário; f) fertilizante com outros macronutrientes; g) fertilizante com micronutrientes; h) fertilizante mineral simples; i) fertilizante mineral misto; j) fertilizante mineral complexo; l) fertilizante orgânico simples; m) fertilizante orgânico misto; n) fertilizante orgânico composto; e, o) fertilizante organo-mineral (Brasil, 2004a).

As principais informações sobre a legislação brasileira de fertilizantes são especificadas pelo Decreto nº 4.954 de 14/01/2004 (Brasil, 2004a); pela Portaria nº 01, de 04/03/1983 (Brasil, 1983a; 1983b) e portarias complementares (Tabela A2.1).

Tabela A2.1. Caracterização dos fertilizantes minerais simples de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 1983a; 1983b; portarias complementares)

Produto	Garantia Mínima	Característica	Obtenção	Observação	Portaria
Amônia anidra	82% de N	O nitrogênio deverá estar totalmente na forma amoniacal.	Síntese catalítica entre o nitrogênio do ar atmosférico e o hidrogênio proveniente do craqueamento de hidrocarbonetos		01 de 04/03/83
Uréia	44% de N	O nitrogênio deve estar totalmente na forma amidica.	Reação do amoníaco e gás carbônico sob pressão	O teor de biureto não poderá ser maior que 1,5% para aplicação direta no solo e 0,3% para aplicação foliar.	01 de 04/03/83
Nitrato de amônio	32% de N	O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica.	Neutralização do ácido nítrico pelo amoníaco		01 de 04/03/83
Nitrato de amônio e cálcio	20% de N	O nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica.	1) Adição de calcário ou dolomita sobre amoníaco e ácido nítrico 2) Mistura de nitrato de cálcio com carbonato de amônio	2 a 8% de Ca 1 a 5% de Mg	01 de 04/03/83
Sulfato de amônio	20% de N	O nitrogênio deverá estar na forma amoniacal.	1) Neutralização do ácido sulfúrico pelo amoníaco 2) Reação do carbonato de amônio com o gesso 3) A partir de gases de coqueria ou gases provenientes de unidades de ácido sulfúrico	O teor de tiocianato não poderá exceder a 1%, expresso em tiocianato de amônio. 22 a 24% de S	01 de 04/03/83
Nitrato de cálcio	14% de N	Nitrogênio na forma nítrica, podendo ter até 1,5% na forma amoniacal.	1) Reação do ácido nítrico com o calcário 2) Cristalização da solução resultante da ação do ácido nítrico sobre o fosfato natural	18 a 19% de Ca 0,5 a 1,5% de Mg	01 de 04/03/83
Nitrato duplo de sódio e potássio	15% de N 14% de K ₂ O	Nitrogênio na forma nítrica.	Refinação do caliche		51 de 24/04/96

continua

Tabela A2.1. Continuação

Produto	Garantia Mínima	Característica	Obtenção	Observação	Portaria
Fosfato monoamônico (MAP)	48% de P ₂ O ₅ 9% de N	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água e mínimo de 44% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal.	Amoniação de ácido fosfórico		01 de 04/03/83
Fosfato diamônico (DAP)	45% de P ₂ O ₅ 16% de N	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água e mínimo de 38% solúvel em água. Nitrogênio na forma amoniacal.	Amoniação do ácido fosfórico		01 de 04/03/83
Superfosfato simples	18% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água e mínimo de 16% solúvel em água.	Reação do fosfato natural moído com ácido sulfúrico	18 a 20% de Ca 10 a 12% de S	01 de 04/03/83
Superfosfato triplo	41% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ solúvel em citrato neutro de amônio mais água e mínimo de 37% solúvel em água.	Reação de ácido fosfórico com fosfato natural moído	12 a 14% de Cálcio	01 de 04/03/83
Termofosfato magnésiano	17% P ₂ O ₅ 7% de Mg	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total mínimo de 14% em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Tratamento térmico do fosfato natural com adição de compostos magnesianos e silícicos	18 a 20% de Cálcio Apresenta também características de corretivo de acidez	01 de 04/03/83
Fosfato natural	24% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 4% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Beneficiamento mecânico de fosfatos naturais mediante moagem fina	23 a 27% de Ca	01 de 04/03/83
Fosfato natural parcialmente acidulado	20% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total, mínimo de 9% solúvel em citrato neutro de amônio mais água ou 11% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação de 1:100, e mínimo de 5% solúvel em água.	Reação de rocha fosfatada cuja granulometria satisfaça as exigências para o fosfato natural moído com ácido sulfúrico ou fosfórico	25 a 27% de Ca 0 a 6% de S 0 a 2% de Mg	01 de 04/03/83
Fosfato natural parcialmente acidulado	25% de P ₂ O ₅	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 18% solúvel em citrato neutro de amônio mais água	Reação de rocha fosfatada com ácido clorídrico	Contém Ca e Cl	01 de 04/03/83

continua

Tabela A2.1. Continuação

Produto	Garantia Mínima	Característica	Obtenção	Observação	Portaria
Fosfato natural reativo de Arad/Israel	28% de P ₂ O ₅ Farelado	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total, mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação	30 a 34% de Ca	63 de 16/03/94
Fosfato natural reativo de Djebel Onk/Argélia	28% de P ₂ O ₅ Farelado	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total, mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação	30 a 34% de Ca	161 de 10/10/94
Fosfato natural reativo de Marrocos	28% de P ₂ O ₅ Farelado	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total, mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação	30 a 34% de Ca	19 de 30/05/97
Hiperfosfato natural reativo de Gafsa ou da Carolina do Norte	28% de P ₂ O ₅ Farelado	Fósforo determinado como P ₂ O ₅ total e mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico a 2% na relação 1:100.	Extração natural e beneficiamento através do processo de homogeneização hidropneumática ou flotação	34 a 35% de Ca	09 de 29/01/93
Escória de Thomas	12% de P ₂ O ₅	Fósforo como P ₂ O ₅ com ácido cítrico a 2% na solução 1:100	Resíduo da indústria de ferro	20 a 29% de Ca 4,0 a 3% de Mg	01 de 04/03/83
Cloreto de potássio	58% de K ₂ O	Potássio na forma de cloreto determinado como K ₂ O solúvel em água.	A partir de sais brutos de potássio por dissoluções seletivas, flotação ou outros métodos de separação	45 a 48% de Cl	01 de 04/03/83
Sulfato de potássio	48% de K ₂ O	Potássio na forma de sulfato determinado com K ₂ O solúvel em água	A partir de vários minerais potássicos	15 a 17% de S 0 a 1,2% de Mg	01 de 04/03/83
Nitrato de potássio	44% de K ₂ O 13% de N	Potássio determinado como K ₂ O solúvel em água. Nitrogênio na forma nítrica	1) Recuperação do caliche por cristalização das águas de lavagem 2) Reação do KCl com ácido nítrico 3) A partir do KCl e NaNO ₃ por dissoluções seletivas		01 de 04/03/83

continua

Tabela A2.1. Continuação

Produto	Garantia Mínima	Característica	Obtenção	Observação	Portaria
Sulfato de potássio e magnésio	18% de K ₂ O 4,5% de Mg	Potássio e magnésio determinados como K ₂ O e Mg após extração aquosa por meio apropriado	A partir de sais de potássio com adição de sais de magnésio	22 a 24% de S 1 a 2,5% de Cl	
Sulfato de cálcio (gesso)	16% de Ca 13% de S	Cálcio e enxofre determinados na forma elementar.	1) Produto resultante da fabricação de ácido fosfórico 2) Beneficiamento da gipsita	Apresenta também características de corretivo de sodicidade (Brasil, 2004c)	
Cloreto de cálcio	24% de Ca	Cálcio solúvel em água na forma de CaCl ₂ .2H ₂ O.			01 de 04/03/83
Sulfato de magnésio	9% de Mg	Magnésio solúvel em água (MgSO ₄ .7H ₂ O).		12 a 14% de S	01 de 04/03/83
Óxido de magnésio	55% de Mg	Magnésio total como óxido (MgO).	Calcinção da magnesita		01 de 04/03/83
Enxofre	95% de S	Determinado como enxofre total.	Extração de depósitos naturais de enxofre. A partir da pirita, subproduto de gás natural, gases de refinaria e fundições do carvão. Pode ser obtido também do sulfato de cálcio ou anidrita	Corretivo de alcalinidade (Brasil, 2004c)	
Bórax	11% de B	Boro na forma de borato de sódio.			
Sulfato de cobre	13% de Cu	Cobre solúvel em água na forma de sulfato.		16 a 18% de S	01 de 04/03/83
Molibdato de sódio	39% de Mo	Molibdênio solúvel em água na forma de Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O.			01 de 04/03/83
Óxido de zinco	50% de Zn	Zinco total na forma de ZnO.			01 de 04/03/83

Serão apresentadas a seguir algumas informações mais importantes referentes aos fertilizantes sólidos, mais utilizados em adubação de solo.

A2.2.1 - Classificação dos fertilizantes sólidos

As principais categorias em que se enquadram os fertilizantes sólidos são:

a) fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico contendo um ou mais nutrientes das plantas; a denominação, garantias e especificações de alguns fertilizantes simples são apresentadas na Tabela A2.1; ex.: superfosfato simples;

b) fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples; ex.: mistura de grânulos NPK 5-20-20;

c) fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes das plantas; ex.: esterco de aves;

d) fertilizante organo-mineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos; ex: esterco + NPK mineral;

e) fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; ex.: vermicomposto.

f) fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes; ex.: complexo granulado NPK 5-20-20 (NPK no grânulo).

A2.2.2 - Garantias e tolerâncias

Os fertilizantes devem apresentar garantias quanto à sua composição química, às propriedades físicas, principalmente quanto à granulometria (tamanho de partículas) e ao peso.

a) Garantias químicas

A garantia de concentração dos nutrientes é expressa nas formulações como percentual sobre o peso do produto.

a1) Fertilizantes mistos e complexos

Para estes tipos de fertilizantes, as garantias têm por base a concentração total ou frações do nutriente solúveis em determinados extratores, conforme segue:

a) nitrogênio: N total contido no produto;

b) fósforo: P_2O_5 contido no material, de acordo com as categorias de produtos abaixo:

b.1) para os fosfatos acidulados (superfosfatos, MAP e DAP) vendidos isoladamente: P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio + água e P_2O_5 solúvel em água;

b.2) para as misturas (fórmulas) que contenham fosfatos acidulados e/ou parcialmente acidulados: P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio + água;

b.3) para os fosfatos naturais, termosfosfatos, escórias de desfosforação e farinha de ossos: P_2O_5 total e P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação 1:100;

b.4) para as misturas (fórmulas) que contenham fosfatos naturais, fosfatos naturais reativos, termosfosfatos, escórias de desfosforação e farinha de ossos na sua composição: P_2O_5 total, P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação 1:100, e P_2O_5 solúvel em água (somente para os produtos que também contiverem fosfatos acidulados como fonte fornecedora de fósforo);

Observação: não são registrados os produtos que contenham, concomitantemente, fosfato natural reativo e fosfato natural, inclusive este último parcialmente acidulado;

c) potássio: expresso na forma de K_2O solúvel em água;

d) macronutrientes secundários e micronutrientes: indicados na sua forma elementar;

e) os percentuais de N total, de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico ou citrato neutro de amônio + água e de K_2O solúvel em água constituem o índice NPK, e seu teor mínimo deve ser de 24%, na soma dos três nutrientes;

f.3) será considerada fraude, para fins de regulamento, os resultados analíticos indicadores de deficiência iguais ou superiores aos limites especificados na Tabela A2.2;

f.4) para os macronutrientes secundários e os micronutrientes nas fórmulas, a tolerância é de 30% sobre o teor garantido.

Tabela A2.2. Tolerâncias para as garantias químicas de fertilizantes minerais

Teores garantidos ou declarados	Deficiência
até 5%	60%
>5% até 10%	50%
>10% até 20%	45%
>20% até 40%	20%
pela soma dos macronutrientes primários	30%

a2) Fertilizantes orgânicos

As garantias de composição química para alguns fertilizantes orgânicos a serem comercializados são apresentadas na Tabela A2.3. É tolerada a deficiência menor que 50% das especificações.

Tabela A2.3. Especificações para alguns fertilizantes orgânicos (Brasil, 1983a, b)

Produtos ⁽¹⁾	Umidade máxima	M.O. ⁽²⁾ mínima	N total mínimo	P ₂ O ₅ total mínimo	pH mínimo	Relação C/N máx.
----- % -----						
Esterco bovino	25	36	1	-	6	20
Esterco de galinha	25	50	1,5	-	6	20
Torta de algodão	15	70	5	-	-	-
Torta de mamona	15	70	5	-	-	-
Torta de soja	15	70	5	-	-	-
Farinha de ossos	15	6	1,5	20 (16% solúvel em ác. cítrico 2%)	-	-
Farinha de peixe	15	50	4	6	-	-
Farinha de sangue	10	70	10	-	-	-
Turfa	25	30	1	-	-	18
Composto	40	40	1	-	6,0	18

⁽¹⁾ Processados a partir dos materiais listados.

⁽²⁾ Matéria orgânica (base seca).

a3) Fertilizantes organo-minerais

Os fertilizantes organo-minerais devem apresentar as seguintes garantias:

- a) matéria orgânica total mínima de 25%;
- b) N total conforme declarado no registro;
- c) umidade máxima de 20%;
- d) P₂O₅ conforme declarado no registro;
- e) K₂O conforme declarado no registro;
- f) somatórios das concentrações de NPK, NP, PK ou NK mínimos de 12%;
- g) constituídos, no mínimo, por 50% de matérias-primas de origem orgânica.

b) Garantias físicas

Do ponto de vista físico, as principais especificações para os fertilizantes sólidos minerais são:

b1) granulado e mistura granulada: produto constituído de grânulos que deverão ser 100% menores que 4 mm de diâmetro (ABNT n° 5), com um máximo de 5% dos grânulos com diâmetro inferior a 0,5 mm (ABNT n° 35), em que cada grânulo contenha todos os elementos garantidos do produto;

b2) mistura de grânulos: produto granulado misto, em que os grânulos contenham, separadamente, os elementos garantidos, e as mesmas dimensões especificadas no item acima (b1);

b3) pó: produto que deve possuir no mínimo 95% das partículas menores que 2 mm de diâmetro (ABNT nº 10) e no mínimo 50% das partículas menores que 0,3 mm de diâmetro (ABNT nº 50); no caso de termofosfatos e escórias, 75% das partículas deverão passar em peneira de 0,15mm (ABNT nº 100); no caso de fosfato natural, 85% das partículas deverão passar em peneira de 0,075mm (ABNT nº 200);

b4) farelado: produto que deve possuir 100% das partículas menores que 4,8 mm de diâmetro (ABNT nº 4) e no mínimo 80% das partículas com diâmetro inferior a 2,8 mm (ABNT nº 7).

Com a aplicação das tolerâncias permitidas às especificações físicas acima citadas, os produtos podem se apresentar nas seguintes formas:

a) fertilizantes granulados, misturas granuladas ou misturas de grânulos podem conter no máximo 10% dos grânulos com diâmetro maior que 4 mm e no máximo 5,5% dos grânulos com diâmetro menor que 0,5 mm (pó);

b) produtos na forma de pó podem ter até 5% das partículas com diâmetro maior que 2 mm;

c) produtos na forma farelada podem ter até 15% de partículas com diâmetro maior que 4,8 mm.

c) Garantia de peso

A legislação (INMETRO/IPEM) permite um desvio de até 1%, para mais ou para menos, sobre o peso líquido dos produtos indicado nas embalagens.

A2.2.3 - Compatibilidade de fertilizantes sólidos

Nos processos industriais de fabricação de fertilizantes sólidos, devem ser observadas as compatibilidades entre as matérias-primas a serem misturadas. As compatibilidades são geralmente de ordem química ou física.

a) Compatibilidade química

A compatibilidade química indica a possibilidade de mistura de fertilizantes simples sem a ocorrência de reações que venham a afetar a qualidade do produto final. Dessa forma, antes de se fazer uma mistura de fertilizantes, na indústria ou na propriedade, é necessário conhecer a higroscopicidade das matérias-primas a serem utilizadas e a compatibilidade química entre as mesmas (Figura A2.1), evitando-se, assim, problemas de empedramento, empastamento ou volatilização de nitrogênio, entre outros.

A higroscopicidade é a capacidade de um produto de absorver água. Assim, não se deve utilizar uma grande quantidade de fertilizante higroscópico em misturas, pois entre 24 e 48 horas após a preparação a mistura pode empastar, prejudicando a

qualidade do produto e dificultando a distribuição. Por exemplo, a uréia é incompatível com o nitrato de amônio e tem compatibilidade limitada com os superfosfatos (Figura A2.1)

b) Compatibilidade física

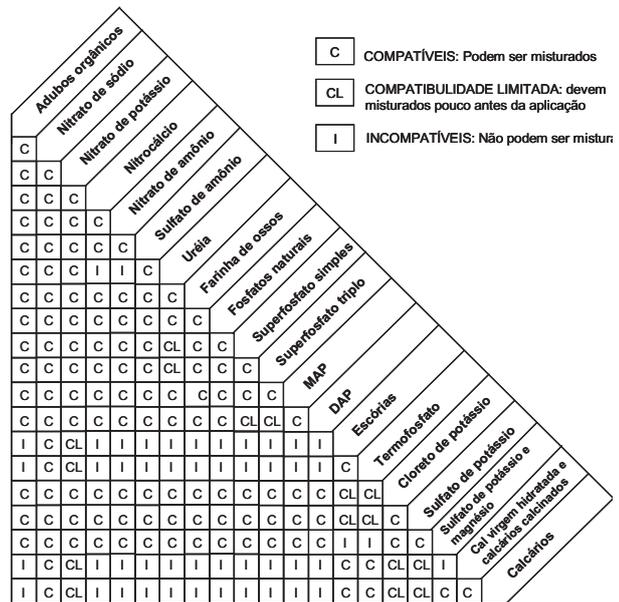
A compatibilidade física indica a uniformidade entre as partículas das matérias-primas, minimizando os efeitos indesejáveis da segregação de partículas e, portanto, de nutrientes, nas misturas de fertilizantes.

A segregação é um processo natural que ocorre durante o manuseio de misturas fertilizantes. Este processo depende do tamanho médio de partículas das matérias-primas utilizadas na composição do adubo e pode ser detectada visualmente pela desuniformidade da mistura resultante.

Alguns exemplos típicos de segregação são:

- a) quando se agita um saco de adubo, ocorre internamente a acomodação das partículas, ou seja, as partículas finas, com maior facilidade de deslocamento, vão para o fundo e as mais grossas, que agem como filtro, tendem a permanecer na superfície;
- b) quando uma mistura de grânulos é aplicada a lanço, as partículas maiores são impulsionadas para mais longe, enquanto as menores localizam-se mais próximo da linha base de aplicação.

A tendência à segregação da mistura é conseqüência da qualidade física das matérias-primas empregadas. No caso de misturas, a segregação física pode provocar a segregação química, uma vez que os teores de nutrientes variam com as diferentes fontes empregadas, conforme sua granulometria. Por exemplo, não devem ser misturados materiais granulados com farelados ou em pó, formando um produto com alta tendência à segregação.



Obs: Dependendo de certas características da uréia, do nitrato de amônio e do teor de cloreto de sódio no cloreto de potássio, as misturas podem apresentar alguma incompatibilidade.

Figura A.2.1 - Características de fertilizantes simples para composição de misturas (Lopes, 1998).

A2.3 - OUTRAS INFORMAÇÕES

Como informação ao leitor, os dados da Tabela A2.1, bem como as portarias citadas e toda a legislação atual, podem ser acessados pela Internet na página <http://www.agricultura.gov.br/sislegis> do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A2.4 - BIBLIOGRAFIA CITADA

- BRASIL. Portaria nº 31, de 08 de junho de 1982. **(Aprova os métodos analíticos padrões oficiais, para análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes sujeitos à inspeção e fiscalização)**. Diário Oficial da União, Brasília, 14/06/82. Sec. I. p. 10763-93. 1982.
- BRASIL. Portaria nº 01, de 04 de março de 1983. **(Aprova normas sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura)**. Diário Oficial da União, Brasília, 09/03/83. Sec. I. p. 3783-89. 1983a.
- BRASIL. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura: legislação**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1983b. 88p.
- BRASIL. Portaria nº 01, de 30 de janeiro de 1986. **(Determina a soma mínima dos teores de NPK, NP e PK dos fertilizantes organo-minerais em 12% o teor mínimo de matéria orgânica em 25%)**. Diário Oficial da União, Brasília, 03/01/86. 1986a.
- BRASIL. Decreto nº 4.954 de 13/01/2004 **(Aprova o Regulamento da lei nº 6.894 de 16/12/80, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e dá outras providências)**. Diário Oficial da União, nº 10, de 15/01/2004. 2004a.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 010 de 06/05/2004. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **(Aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço, bem como os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura)**. Diário Oficial da União, nº 90, de 12/05/2004. 2004b.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 004 de 02/08/2004. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **(Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos corretivos de acidez, corretivos de alcalinidade, corretivos de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura)**. Diário Oficial da União, Brasília, 2004c.
- LOPES, A. S. (tradutor). **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. 177p.

RELAÇÃO DE CULTURAS ABORDADAS NESTE MANUAL

Nome comum	Nome científico	Outros nomes
Grãos		
Amendoim	<i>Arachis hypogaea</i>	
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	
Aveia branca	<i>Avena sativa</i>	
Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	
Canola	<i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i>	
Centeio	<i>Secale cereale</i>	
Cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	
Ervilha seca e forrageira	<i>Pisum sativum</i> , <i>Pisum arvense</i>	
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i>	
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	
Linho	<i>Linum usitatissimum</i>	
Milho	<i>Zea mays</i>	
Milho pipoca	<i>Zea mays</i> var. <i>everta</i>	
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiferus</i>	
Painço	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	
Soja	<i>Glycine max</i>	
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	
Tremoço	<i>Lupinus</i> spp	
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	
Triticale	X <i>Triticosecale</i> Wittmack	
Forrageiras		
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	
Amendoim forrageiro	<i>Arachis pintoi</i>	
Aveias	<i>Avena</i> spp	

Nome comum	Nome científico	Outros nomes
Azevém	<i>Lolium multiflorum, Lolium perenne</i>	
Braquiárias	<i>Brachiaria spp</i>	
Capim colonião	<i>Panicum maximum</i>	
Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>	Napier, cameron
Capim lanudo	<i>Holcus lanatus</i>	
Capim quicuído	<i>Pennisetum clandestinum</i>	
Capim-de-Rhodes	<i>Chloris gayana</i>	
Cevada forrageira	<i>Hordeum vulgare</i>	
Cevadilha	<i>Bromus unioloides</i>	
Cornichão	<i>Lotus corniculatus, Lotus maku</i>	
Desmódio	<i>Desmodium spp</i>	Pega-pega
Faláris	<i>Phalaris tuberosa</i>	
Feijão miúdo	<i>Vigna unguiculata</i>	Caupi
Festuca	<i>Festuca arundinacea</i>	
Gramma bermuda	<i>Cynodon spp</i>	"Tiftons", "coast-cross"
Gramma missioneira	<i>Axonopus spp</i>	
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Feijão guandu
Hemátria	<i>Hemarthria altissima</i>	
Labe-labe	<i>Dolichos lablab</i>	
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	
Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	
Pensacola	<i>Paspalum notatum</i>	Gramma forquilha
Setária	<i>Setaria anceps</i>	
Siratro	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	
Soja perene	<i>Neonotonia wightii</i>	
Trevos	<i>Trifolium spp</i>	
Hortaliças		
Abóbora	<i>Cucurbita sp</i>	
Alcachofra	<i>Cynara scolymus</i>	
Alface	<i>Lactuca sativa</i>	
Alho	<i>Allium sativum</i>	
Aspargo	<i>Asparagus officinalis</i>	
Beterraba	<i>Beta vulgaris</i>	
Brócolo	<i>Brassica oleracea</i>	
Cenoura	<i>Daucus carota</i>	
Cebola	<i>Allium cepa</i>	Cepa
Chicória	<i>Cichorium intybus</i>	Almeirão, almeirão-bravo, radiche
Couve-flor	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	
Ervilha	<i>Pisum sativum</i>	
Melancia	<i>Citrullus lanatus</i>	
Melão	<i>Cucumis melo</i>	
Moranga	<i>Cucurbita spp</i>	

Nome comum	Nome científico	Outros nomes
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	
Pimentão	<i>Capsicum annuum</i>	
Rabanete	<i>Raphanus sativus</i>	
Repolho	<i>Brassica oleracea</i> var. capitata	
Rúcula	<i>Eruca sativa</i>	
Tomateiro	<i>Lycopersicon esculentum</i>	
Tubérculos e raízes		
Batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i>	
Batata	<i>Solanum tuberosum</i>	
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	
Frutíferas		
Abacateiro	<i>Persea</i> spp	
Abacaxizeiro	<i>Ananas comosus</i>	
Ameixeira	<i>Prunus domestica</i> e <i>Prunus salicina</i>	
Amoreira-preta	<i>Rubus</i> spp	
Bananeira	<i>Musa</i> spp	
Caquizeiro	<i>Diospyros kaki</i>	
Citros	<i>Citrus</i> spp	
Figueira	<i>Ficus carica</i>	
Macieira	<i>Malus domestica</i>	
Maracujazeiro	<i>Passiflora edulis</i>	
Mirtilo	<i>Vaccinium ashei</i>	"Blueberry"
Morangueiro	<i>Fragaria</i> spp	
Nectarineira	<i>Prunus persica</i> var. nucipersica	
Nogueira pecã	<i>Juglans</i> spp	
Pereira	<i>Pyrus comunis</i> e <i>Pyrus pyrifolia</i>	
Pessegueiro	<i>Prunus</i> sp	
Quiveiro	<i>Actinidia deliciosa</i>	
Videira	<i>Vitis</i> spp	
Essências florestais		
Acácia-negra	<i>Acacia decurrens</i>	
Araucária	<i>Araucária angustifolia</i>	Pinheiro brasileiro
Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>	
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i>	Chá-argentino, chá-das-missões, chá-dos-jesuítas, chá-mate, erva, mate,
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> spp	
Pinus	<i>Pinus</i> spp	

Nome comum	Nome científico	Outros nomes
Plantas medicinais, aromáticas e condimentares		
Alfavaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Manjerição, alfavaca-cheirosa, alfavacão, basilico, manjerição-comum, manjerição-de-folha-larga
Calêndula	<i>Calendula officinalis</i>	Mal-me-quer, bem-me-queres, margarida dourada, flor de todos os meses
Camomila	<i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Matricaria recutita</i> <i>Chamomilla vulgaris</i>	Camomila-alemã, camomila-azul, camomila comum, camomila-dos-alemães,
Capim-limão	<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim-cidreira, erva-cidreira, chá-de-estrada, capim-cidrão, capim-cidró, capim-santo, capim-cheiroso, capim-catinga, capim-santo,
Citronela-de-java	<i>Cymbopogon nardus</i>	Capim-citronela, citronela-do-Ceilão, cidró-do-Paraguai, citronela-de-Java
Cardamomo	<i>Elletaria cardamomum</i>	
Carqueja	<i>Baccharis trimera</i> , <i>Baccharis articulata</i>	Bacanta, cacaia amarga, carqueja-amarga, carqueja-amargosa, tiririca de babado, vassoura,
Chá	<i>Camelia sinensis</i>	Chá da Índia, chá preto, chá verde
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	
Curcuma	<i>Curcuma longa</i>	Falso-açafrão
Erva-doce	<i>Pimpinella anisum</i>	Anis-verdadeiro, anis-verde
Estévia	<i>Stevia rebaudiana</i>	Funcho-doce, anis-doce, erva-doce, falso-anis, fioelho doce, funcho-romano
Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i>	
Hortelãs	<i>Mentha spp</i>	Hortelã apimentada, hortelã cheirosa, hortelã comum, , menta
Gengibre	<i>Zingiber officinale roscoe</i>	Gengivre, gengibre
Palma-rosa	<i>Cymbopogon martini</i>	
Piretro	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Cinerária
Salsa	<i>Petroselinum spp</i>	Salsa-hortense, salsa-vulgar, salsinha
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Colorau, orucu, urucu, açafroa
Vetiver	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Capim-de-cheiro, grama-cheirosa, raiz-de-cheiro, patchuli
Plantas ornamentais		
Crisântemo de corte	<i>Dedranthema grandiflora</i>	
Roseira de corte	<i>Rosa spp</i>	
Outras culturas comerciais		
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	
Fumo	<i>Nicotiana tabacum</i>	

INSTITUIÇÕES E ENTIDADES QUE PARTICIPARAM NESTA EDIÇÃO

EMBRAPA:

Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - Passo Fundo, RS;
Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho - Bento Gonçalves, RS;
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado - Pelotas, RS;
Centro de Pesquisa Pecuária dos Campos Sulbrasilieiros - Bagé, RS;
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - Curitiba, PR.

GOVERNO DO ESTADO DO RS:

FEPAGRO, Sede, Porto Alegre, RS
IRGA - Cachoeirinha, RS.

GOVERNO DO ESTADO DE SC:

EPAGRI - Sede, Florianópolis, SC;
Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar - CEPAF - Chapecó, SC;
Estações Experimentais de Caçador, Campos Novos, Itajaí, Lages, São Joaquim e Videira, SC.

UNIVERSIDADES:

Centro Agro-Veterinário, UDESC, Lages, SC;
Departamentos de Solos, de Horticultura e Silvicultura e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, FA-UFRGS, Porto Alegre, RS;
Departamentos de Solos, de Fitotecnia e de Ciências Florestais, CCR-UFSM, Santa Maria, RS;
Departamento de Solos, FAEM-UFPEL, Pelotas, RS;
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UPF, Passo Fundo, RS;
Universidade de Cruz Alta, UNICRUZ, Cruz Alta, RS.

SISTEMA COOPERATIVO:

Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa da FECOTRIGO- FUNDACEP - Cruz Alta, RS.

ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL:

EMATER - Porto Alegre, RS;

EPAGRI - Florianópolis, SC.

ASSOCIAÇÕES DE EMPRESAS PRODUTORAS DE INSUMOS AGRÍCOLAS

SIARGS - Sindicato da Indústria de Adubos do Estado do Rio Grande do Sul;

SINDICALC - Sindicato da Indústria e da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras do Estado do Rio Grande do Sul.

LABORATÓRIOS PARTICIPANTES DA REDE ROLAS

Instituição	Endereço	Telefone	Serviços prestados
ARACRUZ/Guaíba* - 1990	Rua São Geraldo, 1680 CEP: 92500-000, Guaíba - RS	51-2139-7276 R7276	1
CIDASC/Florianópolis- 1958	Rodovia Admar Gonzaga, 1588 rua Admar Gonzaga, 1588 CEP 88034-0001 Florianópolis - SC	48-3239-6505	1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12
COOPERIMEMBUY/S.Borja-2005	Marechal Deodoro, 52 CEP: 97670-000, S. Borja - RSS	55-3431-3344	1
EMBRAPA Trigo/ Passo Fundo*-1975	Rodovia BR-285, KM-294 CEP: 99001-970, Passo Fundo - RS	54-3316-5896	1, 2, 3, 10
EMBRAPA Uva e Vinho/ Bento Gonçalves*-1987	Rua Livramento, 515 CEP: 95700-000, Bento Gonçalves - RS	54-3455-8064	1, 2, 3
EMBRAPA Clima Temperado/ Pelotas-1958	Rodovia BR-392, KM-78 CEP: 96001-970, Pelotas - RS	53-3275-8232	1, 2, 3
EPAGRI-ECC/Caçador-1982	Rua Abílio Franco, 1500 CEP: 89500-000, Caçador - SC	49-3561-2000	3
EPAGRI-CEPAF/Chapecó-1979	Rua Servidão Ferdinando Tusset, s/n CEP: 89801-970, Chapecó - SC	49-3361-0300	1, 2, 4, 6, 7
EPAGRI/Ituporanga-1990	Estrada Geral, 453 CEP: 88400-000, Ituporanga - SC	47-3533-1409	1
EPAGRI/São Joaquim-1999	Rua João Araújo Lima, 102 CEP: 88600-000, São Joaquim - SC	49-3233-0324	1
FEPAGRO/Porto Alegre-1942	Rua Gonçalves Dias, 570 CEP: 90130-060, Porto Alegre - RS	51-3288-8038	1, 2, 5, 6, 7, 8

continua

Manual de Adubação e de Calagem ...

Instituição	Endereço	Telefone	Serviços prestados
FUNDACEP/Cruz Alta- 1976	Rodovia RS-342, KM-149 CEP: 98100-970, Cruz Alta - RS	55-3322-7900	1, 2, 3, 4, 5
IRGA/Cachoeirinha - 1953	Av. Bonifácio C. Bernardes, 1494 CEP: 94930-030, Cachoeirinha - RS	51-3470-0611	1
PUC/Uruguaiana-1980	Rodovia BR-472, KM-7 CEP: 97500-970, Uruguaiana - RS	55-3413-6464 R. 219	1, 2, 3, 4, 6, 10
RIGESA/Três Barras*-1980	Av. Rigesa, 2929 CEP: 89490-000, Três Barras - SC	47-3621-5274	1, 3
UDESC/Lages-1989	Av. Luiz de Camões, 2090 CEP: 88502-970, Lages - SC	49-2101-9177	1, 2
UFPEL/Pelotas-1950	Campus Universitário - UFPel CEP: 96010-900, Pelotas - RS	53-3275-7269	1, 2, 3, 4, 5, 6
UFRGS/Porto Alegre-1966	Av. Bento Gonçalves, 7712 CEP: 91540-000, Porto Alegre - RS	51-3308-6023	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 16
UFSM/Santa Maria-1963	Campus Universitário - UFSM CEP: 97105-900, Santa Maria - RS	55-3220-8153	1, 2, 3, 4, 6, 10
UNIJUÍ/Ijuí-1989	Rua do Comércio, 3000 CEP: 98700-000, Ijuí - RS	55-3332-0422	1, 2, 4
UNISC/Santa Cruz do Sul-1989	Av. Independência, 2293 CEP: 96815-900, Santa Cruz do Sul - RS	51-3717-7511	1, 2
UPF/Passo Fundo-1971	Rodovia BR-285, KM-292 CEP: 99001-970, Passo Fundo - RS	54-3316-8166	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13
URCAMP/Bagé-1987	Av. Tupi Silveira, 2099 CEP: 96400-110, Bagé - RS	53-3242-8244 R. 251	1
URI/F. Westphalen-1997	Rua Assis Brasil, 709 CEP: 98400-000, Frederico Westphalen - RS	55-3744-4041	1, 2

*Laboratório que não realiza análises para produtor.

- 1 - Análise básica de solo (argila, pH, SMP, P, K, MO, Al, Ca, Mg).
- 2 - Análise de micronutrientes em solo (B, Zn, Cu, Mn, Fe, Na e S).
- 3 - Análise de tecido vegetal (macro e micronutrientes).
- 4 - Análise de calcário.
- 5 - Análise de fertilizante mineral.
- 6 - Análise de fertilizante orgânico.
- 7 - Análise de resíduos industriais.
- 8 - Análise de substratos.
- 9 - Análise de produtos amiláceos.
- 10 - Análise de água.
- 11 - Análise de nematóide do cisto da soja.
- 12 - Análise de soja transgênica.
- 13 - Análise de sal mineral.
- 14 - Análise de fósforo no solo por resina.
- 15 - Análises em sedimentos.
- 16 - Análise de metais pesados em solos, plantas, água, resíduos e efluentes.

RELAÇÃO DOS PARTICIPANTES NA ELABORAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

Nome	Instituição	Endereço Eletrônico
Alberto V. Inda Jr.	Depto. de Solos - UFRGS	alberto.inda@ufrgs.br
Algenor da Silva Gomes	Embrapa Clima Temperado	algenor@cpact.embrapa.br
Antônio L. Diedrich	Cia. Continental Tobac Alliance SA	antioniodiedrich@cta.com.br
Atsuo Suzuki	Epagri - Caçador	suzuki@epagri.rct-sc.br
Ben Hur Benites Alves	Siarqs - Unifertil	siaras@siaras.com.br
Carla Maria Pandolfo	Epagri- Campos Novos	pandolfo@epagri.rct-sc.br
Carlos Alberto Bissani	Depto. de Solos - UFRGS	carlos.bissani@ufrgs.br
Carlos Alberto Ceretta	Depto. de Solos - CCR - UFSM	carlosceretta@smail.ufsm.br
Carlos Alberto Flores	Embrapa Clima Temperado	flores@cpact.embrapa.br
Carlos Antônio Saraiva Osório	Fepagro	carlos-osorio@fepagro.rs.gov.br
Carlos Nabinger	DPFA - UFRGS	nabinger@ufrgs.br
Celso Aita	Depto. de Solos - CCR - UFSM	caita@ccr.ufsm.br
Ciro Petreire	-	
Claudio José da Silva Freire	-	claudiojsfreire@gmail.com
Clesio Gianello	Depto. de Solos - UFRGS	gianello@portoweb.com.br
Clori Basso	Epagri - Caçador	clori@epagri.rct-sc.br
Danilo dos Santos Rheinheimer	Depto. de Solos - CCR - UFSM	danilo@ccr.ufsm.br
Delmar Pöttker	-	"in memoriam"
Edemar V. Streck	Emater - RS	streck@emater.tche.br
Egon José Meurer	Depto. de Solos - UFRGS	egon.meurer@ufrgs.br
Egon Klamt	-	egon.klamt@yahoo.com.br
Eliezer I. Guimarães Winkler	Embrapa Clima Temperado	ewinkler@cpact.embrapa.br
Elmar Luiz Floss	FAMV - UPF	floss@upf.br
Eóli Erhard Scherer	Epagri - CEPAP	escherer@epagri.rct-sc.br
Elvio Giasson	Depto. de Solos - UFRGS	giasson@ufrgs.br
Enilson Luiz Saccol de Sá	Depto. de Solos - UFRGS	enilson.sa@ufrgs.br
Flavio A.O. Camargo	Depto. de Solos - UFRGS	fcamargo@ufrgs.br
George Wellington B. de Melo	Embrapa Uva e Vinho	george@cnpuv.embrapa.br
Geraldino Peruzzo	-	geraperuzzo@brturbo.com.br
Gilberto Nava	Epagri - São Joaquim	nava@epagri.rct-sc.br
Gilmar Ribeiro Nachtigall	Embrapa Uva e Vinho	gilmar@cnpuv.embrapa.br
Gilmar Schafer	PPGF - UFRGS	schafer@ufrgs.br
Hardi Renê Bartz	-	bartz
Hilmar Ilson Stapenhorst	Dimon do Brasil Tab. Ltda	hstapenhorst@dimon.com
Humberto Bohnen	IRGA/Depto. de Solos - UFRGS	humbertobohnen@uol.com.br
Ibanor Anghinoni	Depto. de Solos - UFRGS	ibanor-anghinoni@irga.rs.gov.br

Nome	Instituição	Endereço Eletrônico
Ingrid Bergman I. de Barros	DHS - UFRGS	ingridb@ufrgs.br
Irineo Fioreze	FAMV - UPF	labsolos@upf.br
Itamar Gislson	Epagri- Canoinhas	igislson@epagri.rct-sc.br
Itavor Nummer Filho	Pioneer Sementes Ltda	itavor.nummerfilho@pioneer.com
Jackson Ernani Fiorin	Fundacep	jackson@fundacep.com.br
Jair Antônio Pimentel	Bunge Fertilizantes	jair.pimentel.com.br
João Kaminski	Depto. de Solos - CCR - UFSM	kaminski@ccr.ufsm.br
João Maças	Yara Brasil Fertilizantes	joão.macas@yara.com
Jorge Malburg	Epagri	malburg@epagri.rct-sc.br
João Mielniczuk	Depto. de Solos - UFRGS	mielniczuk@ufrgs.br
José Alberto Petrini	Embrapa Clima Temperado	petrini@cpact.embrapa.br
José Eloir Denardin	Embrapa-Trigo	denardim@cnpt.embrapa.br
Leandro Souza da Silva	Depto. de Solos - CCR - UFSM	leandro@smail.ufsm.br
Ledemar Carlos Vahl	FAEM - UFPEL	lcwahl@ufpel.tche.br
Márcio Luís Paveglio da Silva	Meridional Tabacos Ltda	msilva@sccgroup.com
Márcio Voss	Embrapa Trigo	marciov@cnpt.embrapa.br
Marco Antonio Dal Bó	Epagri - Videira	dalbo@epagri.rct-sc.br
Marcos Salvadego	Sindifumo	marcos.sc@terra.com.br
Margarete Nicolodi	Depto. de Solos - UFRGS	mnicolodi@ibest.com.br
Marino José Tedesco	Depto. de Solos - UFRGS	torunos@uol.com.br
Mauri Onofre Machado	-	"in memoriam"
Maurício Fischer	EEA/IRGA	irgapesq@via-rs.net
Miguel Dall'Agnol	DPFA - UFRGS	migueld@ufrgs.br
Milton Seganfredo	Embrapa Suínos e Aves	milton@cnpsa.embrapa.br
Murillo Pundek	Epagri - Florianópolis	pundek@terra.com.br
Nelson Horowitz	Roullier Brasil	nelson@roullier.com.br
Névio João Nuernberg	Epagri - Sede	nevio@epagri.rct-sc.br
Norman Simon	Emater - RS	simon@emater.tche.br
Odoni L.P. de Oliveira	-	93263308
Osmar Souza dos Santos	Depto. de Fitotecnia - CCR - UFSM	santos@hotmail.com
Otávio João W. de Siqueira	-	-
Otto Carlos Köller	DHS - UFRGS	otto.koller@ufrgs.br
Paulo Anísio Milan	Bunge Fertilizantes	paulo.milan@bungeferti.com.br
Paulo Cezar Cassol	CAV - UDESC	a2pc@cav.udesc.br
João Paulo Cassol Flores	Depto. de Solos - UFRGS	joaopcflor@yahoo.com.br
Paulo Roberto Ernani	CAV - UDESC	prearnani@cav.udesc.br
Paulo Roberto Simonetto	Fepagro	cpppv@pressa.com.br
Paulo Schneider	-	-
Paulo Vitor Dutra de Souza	DHS - UFRGS	pvdsoza@ufrgs.br
Pedro Roberto de Souza	Grupo Arroz Pré-Germinado	pregerminado@pg.com.br
Pedro A.V. Escosteguy	Fac Agr e Vet UPF	escosteguy@upf.br
Rainoldo Alberto Kochhann	-	rainoldok@gmail.com.br
Richard E. Bacha	Epagri - Itajaí	richard@epagri.rct-sc.br
Roberto Luiz Salet	Unicruz	salet@unicruz.tche.br
Ronaldir Knoblauch	Epagri	roni@epagri.rct-sc.br
Ronaldo Boettcher	Industrial Boettcher de Tab. Ltda	ronaldob@ibt1.com.br
Rosa Maria Vargas Castilhos	FAEM - UFPEL	rosamvc@ufpel.tche.br
Sergio Schwarz	DHS - UFRGS	-
Silvio Aymone Genro Jr	EEA - IRGA	silvio_genro@irga.rs.gov.br
Sílvio Tulio Spera	Embrapa Trigo	spera@cnpt.embrapa.br
Sirio Wiethölter	Embrapa Trigo	siriow@cnpt.embrapa.br
Tania Beatriz G. Araújo Morselli	FAEM - UFPEL	-
Tassio D. Rech	Epagri - Lages	-
Telmo Jorge Carneiro Amado	Depto. de Solos - CCR - UFSM	tamado@creta.ccr.ufsm.br
Valmir G. Menezes	EEA - IRGA	irgafito@irga.rs.gov.br
Valmir José Vizzoto	Epagri	-
Vera R. M. Macedo	EEA - IRGA	vera_irga@irga.rs.gov.br
Waldemar Ercilio de Freitas	Epagri - Sede	salgado@epagri.rct-sc.br
Walkyria Bueno Scivittaro	Embrapa Clima Temperado	wbscivit@cpact.embrapa.br

FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA DE SOLO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Nome do produtor:

Nome da propriedade:

Nome da empresa (se for o caso):

Município:..... Distrito:.....

Linha:.....CEP:.....

Endereço:.....

Fone/Fax:..... E-mail:.....

DADOS PARA DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DA LAVOURA

Número ou nome da gleba:

Data de coleta da amostra:/...../..... Área da gleba (hectares):.....

Posicionamento geográfico da amostra: Latitude:Longitude.....

Camada amostrada (cm):.....

Tipo de amostrador de solo:

Declividade da área:.....

Uso atual da gleba:.....

Uso anterior da gleba:.....

Uso previsto da gleba para os próximos 2 cultivos:

.....

PREPARO DO SOLO NOS ÚLTIMOS 5 ANOS:

Convencional () Cultivo mínimo () Plantio direto () Sistema misto ()

ADUBAÇÃO E CALAGEM NA GLEBA NOS ÚLTIMOS 3 ANOS:

Calagem: dose: ... t/ha. Época:/..... (mês/ano) Incorporado () Superficial ()

Adubação: Quantidade: _____ kg/ha Fórmula: _____

Aplicação de fosfato natural nos últimos dois anos: Sim () Não ()

Nome do fosfato natural utilizado:

Quantidade aplicada (fosfato natural): kg/ha

PRODUTIVIDADE DA GLEBA NOS DOIS ÚLTIMOS CULTIVOS:

Último cultivo: kg/ha

Penúltimo cultivo: kg/ha

OUTRAS INFORMAÇÕES

ÍNDICE

A

- Acidez do solo
 - Indicadores, 49
- Adubação
 - Corretiva total, 76
 - Exportação, 74 - 75, 83, 117
 - Manutenção, 73 - 74
 - Reposição, 49, 74 - 75, 117, 284 - 289, 291
- Adubação nitrogenada, 79
- Agricultura de precisão
 - Procedimento de amostragem, 35
- Alissolos, 341
- Amostradores de solo, 27
 - Eficácia, 30
 - Eficiência, 29
 - Pá-de-corte, 27
 - Sistema de cultivo, 31
 - Trado caneca, 28
 - Trado fatiador, 28
 - Trado holandês, 27 - 28
- Amostragem de solo
 - Adubação a lança, 33
 - Adubação em linha, 32
 - Adubação na linha de semeadura, 33
 - Agricultura de precisão, 35
 - Amostra representativa, 25
 - Áreas homogêneas, 28
 - Camada a ser amostrada, 31
 - Coleta transversal às linhas de adubação, 34
 - Cultivo mínimo, 29
 - Eficácia dos amostradores, 30
 - Época de amostragem, 27
 - Erro α , 26
 - Erro **e**, 26
 - Formulário de identificação, 34, 37
 - Nas entrelinhas de adubação, 34
 - Plantio direto fase consolidada, 32
 - Procedimento alternativo, 34
 - Procedimento com pá-de-corte, 32
 - Procedimento de coleta, 28, 30, 35
 - Profundidade
 - Arroz irrigado, 61
 - Campo natural, 61
 - Frutíferas, 68
 - Plantio direto, 62
 - Sistema convencional, 61
 - Sistema consolidado, 61
 - Sistema convencional, 29

- Sistema plantio direto, 30
- Análise foliar, 53
 - Interpretação dos resultados, 53
- Argila
 - Classes texturais, 50
 - Intepretação dos teores no solo, 49
 - Interpretação dos teores, 49
- Argissolos, 341

C

- Calagem
 - Arroz irrigado por inundação, 63
 - Culturas de grãos, 115
 - Essências florestais, 67
 - Forageiras, 63
 - Frutíferas, 67
 - Hortaliças, 65
 - Raízes, 65
 - Tubérculos, 65
- Calcário
 - Aplicação, 70
 - Cálculo pela saturação por bases, 59
 - Classificação, 91
 - Deposição na lavoura, 70
 - Determinação da quantidade, 59
 - Diâmetro de partículas, 69
 - Distribuição, 70
 - Efeito residual, 71
 - Época de aplicação, 70
 - Grãos, 60
 - Incorporado, 61, 64 - 68, 70, 115
 - Na cultura do arroz, 63
 - Na linha de semeadura, 70
 - Peneiras ABNT, 69
 - Poder de neutralização (PN), 69
 - PRNT, 69
 - Qualidade, 69
 - Reaplicação, 71
 - Reatividade (RE), 69
 - Sistema convencional, 60
 - Sistema de cultivo, 60
 - Supercalagem, 71
 - Tamanho de partículas, 89
- Cálcio
 - Relação cálcio:magnésio, 52, 92, 204, 248, 263
- Cálculo de H+Al, 20
- Cambissolos, 341
- Campos nativos, 172

- Capacidade de retenção de umidade, 323
- Casa-de-vegetação, 317
- Chernossolos, 341
- Classes de solos
 - Ocorrência, 341
- Classes de uso
 - Aptidão de uso agrícola, 352
 - Classes de declividade, 351
 - Classes de degradação, 351
 - Classes de drenagem, 351
 - Classes de profundidade e de pedregosidade, 351
 - Classes de risco de inundação, 351
 - Conceitos gerais, 348
 - Enquadramento, 348
 - Legislação ambiental no RS, 348
 - Terras indicadas para uso com lavouras, 349
 - Terras não indicadas para fins agrícolas, 349
 - Terras não indicadas para uso com lavouras, 349
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 16, 20
- Condutividade, 327
- Conduvímeter, 328
- Consociações, 141
 - Produtividade, 141
- Corretivos de acidez
 - Calcário dolomítico, 211, 222, 230, 275
 - Equivalente em CaCO_3 , 88
 - Filler, 70, 90
 - Legislação, 367
 - PRNT mínimo, 91
 - Tamanho de partículas, 89
 - Teor de neutralizantes, 87
 - Teor de umidade, 91
- Critérios de calagem
 - Arroz irrigado por inundação, 61
 - Campo natural, 61
 - Frutíferas e essências florestais, 67
 - Gramíneas, 64
 - Hortaliças, tubérculos e raízes, 65 - 66
 - Leguminosas, 64
 - Plantio direto, 61, 64
 - Sistema convencional, 71
 - Sistema convencional de cultivo, 61, 64
- CTC
 - Interpretação, 49
- Cultivo hidropônico, 321
- Cultivos protegidos, 317
- Culturas
 - Abacateiro, 215
 - Abacaxizeiro, 222
 - Abóbora, 185
 - Acácia-negra, 284
 - Alcachofra, 186
 - Alface, 187
 - Alfafa, 166
 - Alfavaca, 295
 - Almeirão, 187
 - Ameixeira, 224
 - Amoreira-preta, 228
 - Araucária, 285
 - Aspargo, 190
 - Bananeira, 230
 - Batata, 209
 - Batata-doce, 208
 - Beterraba, 192
 - Bracatinga, 286
 - Brócolo, 193
 - Calêndula, 295
 - Cana-de-açúcar, 312
 - Capim-limão, 296
 - Caquiizeiro, 236
 - Cardamomo, 297
 - Carqueja, 297
 - Cebola, 195
 - Cenoura, 192
 - Chá, 298
 - Chicória, 187
 - Citronela-de-Java, 296
 - Citros, 239
 - Coentro, 299
 - Consociações de gramíneas e de leguminosas de estação fria, 168
 - Consociações de gramíneas e de leguminosas de estação quente, 170
 - Couve-flor, 193
 - Crisântemo de corte, 306
 - Cultivos consociados, 154
 - Curcuma, 299
 - Erva-doce, 300
 - Erva-mate, 287
 - Ervilha, 197
 - Estévia, 300
 - Eucalipto, 289
 - Figueira, 246
 - Fumo, 314
 - Funcho, 300
 - Gengibre, 301
 - Gramíneas de estação fria, 157
 - Gramíneas de estação quente, 159
 - Hortelãs, 301
 - Leguminosas de estação fria, 163
 - Leguminosas de estação quente, 164
 - Macieira, 248
 - Mandioca, 211
 - Maracujazeiro, 254
 - Melancia, 198
 - Melão, 198
 - Milho, 140
 - Milho pipoca, 143
 - Mirtilo, 256
 - Moranga, 185
 - Morangueiro, 258
 - Nabo forrageiro, 144
 - Nectarineira, 268
 - Nogueira pecã, 260
 - Nomes científicos, 379
 - Nomes comuns, 379
 - Painço, 145

- Palma-rosa, 296
 Pastagens naturais (nativas ou naturalizadas), 172
 Pastagens naturais com introdução de gramíneas e leguminosas, 177
 Pepino, 199
 Pereira, 263
 Pessegueiro, 268
 Pimentão, 201
 Pinus, 291
 Piretro, 302
 Quivizeiro, 273
 Rabanete, 202
 Repolho, 203
 Roseira de corte, 308
 Rúcula, 187
 Salsa, 299
 Soja, 146
 Sorgo, 148
 Tomateiro, 204
 Tremoço, 149
 Trigo, 150
 Triticale, 152
 Urucum, 303
 Vetiver, 304
 Videira, 276
- D**
 Degradação do solo, 348
- E**
 Espodosolos, 342
 Essências florestais, 283, 285, 287, 289, 291
 Expectativa de rendimento, 73
- F**
 Faixa de suficiência
 Potássio, 75
 Fertilizantes
 Classificação, 373
 Classificação dos fertilizantes sólidos, 373
 Compatibilidade física, 376
 Compatibilidade química, 376 - 377
 Corretivos de salinidade, 368
 Fertilizantes orgânicos, 375
 Fórmulas NPK, 98
 Fosfatados, 93
 Fosfatos naturais, 95
 Fosfatos solúveis e parcialmente acidulados, 95
 Garantias e tolerâncias, 368
 Garantias físicas, 375
 Incorporados ao solo, 126, 215
 Legislação, 93, 367 - 368
 Minerais, 93
 Nitrogenados, 93
 Potássicos, 97
 Presença de metais pesados, 92
 Presença de micronutrientes, 92
 Termofosfatos, 95
 Fertirrigação, 322
 Forrageiras
 Critério para calagem, 64
 Profundidade de amostragem, 64
 Fósforo
 Classes texturais, 50
 Classes texturais em solos alagados, 50
 Interpretação dos teores no solo, 51
 Mehlich-1, 50
 Resina de troca iônica, 184
 Teores muito altos, 77
 Frutíferas
 Análise foliar, 38
 Coleta de tecido, 38
 Profundidade de incorporação do calcário, 67
 Sintomas de deficiência nutricional, 38
- G**
 Gesso agrícola, 91
 Gleissolos, 342
 Gramíneas, 141
 Produtividade, 141
- H**
 Hidroponia, 317
 Hortaliças
 Critérios de calagem, 66
 Profundidade de amostragem, 66
- I**
 Índice SMP
 Quantidade de corretivo, 59
 Inoculação, 120, 134 - 136, 146 - 147, 149, 163 - 164, 166, 168, 170, 177, 197
 Interpretação dos teores de nutrientes no solo
 Cálcio, 52
 Enxofre, 52
 Fósforo, 51
 Magnésio, 52
 Micronutrientes, 53
 Potássio, 52
- L**
 Latossolos, 342
 Leguminosas, 141
 Produtividade, 141
 Luvisolos, 342
- M**
 Magnésio
 Relação cálcio:magnésio, 92
 Matéria orgânica

Interpretação dos teores no solo, 49 - 50
Materiais orgânicos
 Análise química, 46
Métodos de análise de solo
 Mehlich-1, 50
 Resina de troca iônica em lâminas, 51, 184

N

Nabo forrageiro, 141
Neossolos, 343
Nitossolos, 343
Nitrogênio
 Cultivos após gramíneas, 141
 Cultivos após leguminosas, 141
 Na sementeira, 141
Nodulação, 136
Núcleo Regional Sul, 16, 20

O

Operação Tatu, 17
Organossolos, 343
Outras culturas comerciais, 311, 313, 315

P

Pastagem
 Calagem, 63
 Cultivada, 65
 Implantação, 65
 Natural, 65
 Sistema misto, 65
Planossolo, 344
Plantas aromáticas, 293
Plantas condimentares, 293
Plantas ornamentais, 305, 307, 309
Plintossolos, 344
Porcentagem de saturação por bases
 Solos do RS, 60
Potássio
 Interpretação dos teores no solo, 50
 Teores muito altos, 77
Pousio, 175, 184
Profundidade de amostragem
 Frutíferas, 67
 Sistema consolidado, 61
 Sistema convencional, 60

R

Relação de culturas, 379
Relação de participantes
 Elaboração das recomendações, 387
 Instituições, 383
 Laboratórios, 385
Rendimentos referência, 78
Reposição, 16
 Conceito do valor R, 75

Resíduos
 Análise química, 46
Rhizobium, 163, 197
Riscos de enchentes, 348
ROLAS, 16

S

Sistema de cultivo, 22
 Amostradores de solo, 31
 Arroz irrigado, 63
 Calcário, 60
 Calcário em pastagens naturais, 65
 convencional, 141
Sistema de irrigação, 318
Sistema plantio direto, 62
 Acidez potencial, 62
 Calagem, 58
 Calcário na superfície, 62
 Consolidado, 62
 Critério de calagem, 59
 Critérios de calagem, 61, 80
 Estabelecimento, 62
 Profundidade de amostragem, 61
 Quantidade de calcário recomendada, 62
Sistema pré-germinado
 Calagem, 63
 Cultura do arroz, 63
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 20
Solução nutritiva, 319
Substratos, 322

T

Temporizador, 318
Teor crítico, 20

U

Unidades de mapeamento, 341 - 342, 344
Unidades taxonômicas, 341 - 342, 344
Uso agrícola das terras
 Aptidão de uso, 352
 Santa Catarina, 350
Uso agrícola dos solos
 Características do ambiente, 346
 Características do solo, 345
 Declividade, 347
 Drenagem, 346
 Indicadores de aptidão, 345
 Pedregosidade, 347
 Principais classes, 341
 Profundidade efetiva, 345
 Textura, 345

V

Vertissolos, 344
