

CAIO BUAINAIN LINS

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E
ESTIMATIVAS DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E
ADUBAÇÃO NPK PARA O MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L759d
2012

Lins, Caio Buainain, 1983-

Diagnóstico da fertilidade do solo e estimativas de
recomendação de calagem e adubação NPK para o Mato
Grosso do Sul / Caio Buainain Lins. – Viçosa, MG, 2012.
ix, 57f. : il. ; (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 52-57

1. Fertilidade do Solo. 2. Planejamento. 3. Política pública.
4. Mato Grosso do Sul. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.88171

CAIO BUAINAIN LINS

DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E ESTIMATIVAS DE RECOMENDAÇÃO
DE CALAGEM E ADUBAÇÃO NPK PARA O MATO GROSSO DO SUL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de julho de 2012

Leonardo Vergütz

Ecila Mercês de Albuquerque Villani

Edson Marcio Mattiello
(Coorientador)

Júlio César Lima Neves
(Presidente da Banca)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

Ao meu pai, Iberê pelo incentivo e princípios profissionais transmitidos. À minha mãe pela educação e dedicação que teve por mim.

À minha esposa Rafaela pelo incentivo, paciência e companheirismo.

Ao Professores Edson Mattiello, Júlio Neves e Renildes Fontes pelas orientações.

Ao Prof. Júlio Neves pela amizade, ensinamentos, paciência e oportunidades que muito contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica.

Aos Professores Novais e Vítor Hugo pelas contribuições à minha formação acadêmica.

À todos os amigos e colegas do Departamento de Solos da UFV, em especial: Carol Malala, Fernanda, Diogo da Mata, Gelton, Guilherme Corrêa, Jailson Cunha, Jandeilson, Jefferson Paes de Aguiar, Leonardus Vergutz, Loane, Marcus Locatelli, Michele e seu esposo Bruno Toríbio, Nairam Filho, Paul Lama, Samuel Valadares e Vinícius.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Solos, pela oportunidade de realizar esse curso.

BIOGRAFIA

CAIO BUAINAIN LINS, filho de Iberê Delmar Gondin Lins e Eliane Buainain Coelho, nasceu no dia 04 de junho de 1983, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Em Março de 2004, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (UNIDERP), graduando-se em 2008.

Em Agosto de 2010, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Julho de 2012.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Caracterizações do Estado do Mato Grosso do Sul	3
2.2 O agronegócio sul-mato-grossense	5
2.3. A importância da fertilidade dos solos para o Brasil e o Mato Grosso do Sul	5
2.4. A importância do diagnóstico da fertilidade dos solos e do balanço de nutrientes para as políticas públicas e privadas de um estado ou país	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Descrição do banco de dados e análises de solos utilizadas	9
3.2. Estimativa dos teores de argila para a interpretação das classes de disponibilidade de P (Mehlich-1)	10
3.3. Metodologia utilizada para a exclusão dos possíveis resultados discrepantes de cada atributo do solo	10
3.4. Estatísticas descritivas utilizadas no diagnóstico da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul	11
3.4.1. Metodologia utilizada, para obtenção da frequência dos resultados de análises de solos, dos atributos: pH CaCl ₂ , P (Mehlich-1), K ⁺ , Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , m, V, M.O., T e teor de argila estimada	11
3.5. Área, produção e produtividade das principais culturas estabelecidas no Estado do Mato Grosso do Sul	12
3.6. Estimativa da quantidade de calcário que deveria ser utilizada	14
3.7. Estimativas das quantidades de P ₂ O ₅ e K ₂ O que deveriam ser utilizadas	16
3.7.1. Estimativa da quantidade de N que deveria ser utilizada	18
3.8. Comparações entre as quantidades estimadas de calcário, N, P ₂ O ₅ e K ₂ O que deveriam ser utilizadas e as quantidades produzidas e compradas destes insumos em 2010	19
3.9. Relações entre os atributos dos solos analisados	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1. Diagnóstico da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul em 2010	20

4.1.1. Frequência dos Atributos de acidez nos solos	20
4.1.2. Frequência de disponibilidade de P (Mehlich-1)	21
4.1.3. Frequência de disponibilidade de K (Mehlich-1)	23
4.1.4. Frequência de disponibilidade de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$	24
4.1.5. Frequências de Saturação por Bases, Argila, CTC em pH 7 e Matéria Orgânica	24
4.1.6. Discussões gerais sobre o diagnóstico da fertilidade dos solos	27
4.2. Estimativa da quantidade de calcário que deveria ser utilizado, comparação entre a quantidade de calcário recomendada (estimada) com a quantidade de calcário produzida no Estado	30
4.3. Estimativa da quantidade de N que deveria ser utilizada e comparação entre a quantidade de N recomendada (estimada) com a quantidade comprada	32
4.4. Recomendações das quantidades de P_2O_5 e K_2O que deveriam ser utilizadas e comparações entre as quantidades de P_2O_5 e K_2O recomendadas (estimadas) com as quantidades compradas	33
4.5. Relações entre atributos dos solos do Mato Grosso do Sul	47
4.5.1. Relação entre P Mehlich-1 e P-Resina	47
4.5.2. Relação entre pH CaCl_2 e Saturação por Bases	49
4.5.3. Relação entre Matéria Orgânica e CTC em pH 7 (T)	50
5. CONCLUSÕES	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
7. LITERATURA CITADA	52

RESUMO

LINS, Caio Buainain, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Diagnóstico da fertilidade do solo e estimativas de recomendação de calagem e adubação NPK para o Mato Grosso do Sul.** Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Coorientadores: Edson Márcio Mattiello e Júlio César Lima Neves.

O diagnóstico da fertilidade dos solos, quando realizado baseado em resultados de análises de solos de um determinado Estado da Federação, poderá servir de instrumento para auxiliar no planejamento e definição das políticas públicas ligadas ao setor produtivo daquele Estado. O trabalho teve como objetivos: diagnosticar a fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul (MS); estabelecer relações entre alguns atributos dos solos estudados; comparar as recomendações de calagem e adubação obtidas por meio de diferentes manuais de recomendações de corretivos e fertilizantes utilizados na região, para suas principais culturas agrícolas, com os dados de aquisição (NPK) ou produção (calcários) no Estado do MS em 2010. Foi realizado o levantamento das características químicas e da granulometria dos solos, utilizando-se banco de dados de resultados analíticos referentes aos solos do Estado do MS. O banco de dados, pertencente a um laboratório de análise de solo que atua no Estado do MS, é referente aos resultados de análises de 8.125 amostras coletadas nas camadas de 0 a 20 cm, no ano de 2010. Todas as amostras foram analisadas quimicamente, determinando-se: pH (CaCl_2); P (Mehlich-1); K (Mehlich-1); Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Al^{3+} ; (H+Al) e matéria orgânica (M.O.). Foram calculadas a soma de bases (SB), saturação por bases (V) e CTC a pH 7 (T). Foram realizadas análises texturais e de P-Resina (P-Res) em 1.813 e 907 amostras, respectivamente. O diagnóstico da fertilidade dos solos do MS foi realizado por meio de estatísticas descritivas: frequência, mediana, desvio padrão, amplitude e a média dos atributos do solo no Estado. Foram avaliadas as relações entre o teor de P (Mehlich-1) com teor de P-res e argila; teor de M.O. com T e V com pH (CaCl_2). Foram comparadas as quantidades de calcário produzidas e o total de fertilizantes NPK consumidos no Estado com as necessidades de calagem e de fertilização com NPK para as principais culturas do Estado (pastagem, soja, milho, cana-de-açúcar e eucalipto). As recomendações de calagem, determinadas pelo método de saturação por bases, e adubação foram realizadas com base nas: porcentagens de frequência das classes de fertilidade do solo, da área (ha) de ocupação das culturas e pelos principais boletins técnicos de recomendação utilizados no MS. 1) Quanto ao diagnóstico da fertilidade: 21,74 % das amostras têm pH em CaCl_2 menor ou igual a 4,8; 82,18 % das amostras

apresentam teor de alumínio menor ou igual a $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 7,35 % das amostras têm saturação por bases menor ou igual a 35 %; 46,16 % das amostras de fósforo apresentaram-se abaixo do nível crítico para culturas anuais; 12,53 % das amostras de potássio estão abaixo dos níveis críticos para culturas anuais; 10,72 % das amostras de cálcio + magnésio apresentaram-se abaixo do nível crítico para culturas anuais. 2) A produção de calcário no MS foi insuficiente ao consumo do Estado em 2010. 3) O N é o nutriente utilizado em menor quantidade em relação as recomendações, seguido do P. 4) As quantidades de K_2O utilizadas no MS em 2010 foram próximas às recomendadas. 5) Os relacionamentos obtidos, na forma de equações, entre atributos do solo são úteis para embasar funções de pedotransferência.

ABSTRACT

LINS, Caio Buainain, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, July 2012. **Diagnosis of soil fertility and estimated recommendation of lime and NPK fertilization for the Mato Grosso do Sul.** Advisor: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-advisors: Edson Marcio Mattiello and Júlio César Lima Neves.

The diagnosis of soil fertility, when performed based on soil analysis results of a certain State of the Federation, can serve as an instrument to assist in the planning and definition of public policies related to the productive sector of the State. The work had as objectives: diagnosing soil fertility of Mato Grosso do Sul (MS); establish relationships between some attributes of soils studied; compare the recommendations of liming and fertilizing obtained by different technical bulletins of recommendation used in MS, to its main agricultural crops, with the data acquisition (NPK) or production (calcareous) in the State of MATO GROSSO DO SUL in 2010. In this work it were used chemicals and physicals results database of soil State of MS. This database, was obtained with a soil analysis laboratory that operates in the State of MATO GROSSO DO SUL, is referring to the results of analyses of 8,125 samples collected in layers of 0 to 20 cm in the year 2010. All samples were analyzed chemically, by establishing: pH (CaCl_2); P (Mehlich-1); K (Mehlich-1); Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Al^{3+} ; (H + Al) and organic matter (M.O.). Were calculated the sum of the bases (SB), base saturation (V) and CTC at pH 7 (T). Textural and P-resin (P-Res) analyses were performed at 1,813 and 907 samples, respectively. Soil fertility diagnosis of MS was performed by descriptive statistics: frequency, median, standard deviation, amplitude and the mean of the attributes of the soil in the State. Were evaluated the relationship between the meaning of P (Mehlich-1) with P-Res and clay; the meaning of M.O. with T and V with pH (CaCl_2). Were compared the quantities of calcareous produced and the total of NPK consumed in the State with the estimated recommendation of lime and NPK for the main crops of the State (pasture, soy, corn, sugar cane and eucalyptus). Lime recommendations, were determined by the method of saturation by bases, and the estimated fertilization were carried out on the basis of: percentages frequency of soil fertility classes, the area (ha) of a crop and by technical bulletins of recommendation used in MS.1) as regards the diagnosis of fertility: 21.74% of samples have pH in CaCl_2 less than or equal to 4.8; 82.18% of samples have aluminum meaning less than or equal to $0.2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 7.35% of the samples have bases saturation less than or equal to 35%; 46.16% phosphorus

samples were below the critical level for annual crops; 12.53% potassium samples are below critical levels for annual crops; 10.72% of calcium + magnesium samples were below the critical level for annual crops. 2) the production of calcareous in MS was insufficient to State consumption in 2010. 3) N is the nutrient used in smaller quantities in relation to the recommendations, followed by P. 4) the quantities of K_2O used in MS in 2010 were close to those recommended. 5) The relationships obtained in the form of equations, between soil attributes are useful to support pedotransfer functions.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é de extrema importância para a economia do Estado do Mato Grosso do Sul (MS). O setor é responsável por grande parte dos produtos comercializados e produzidos no Estado, como também por grande parte dos empregos gerados.

O Mato Grosso do Sul é um dos principais Estados brasileiros produtores de soja e milho e, atualmente, as culturas da cana-de-açúcar e do eucalipto encontram-se em plena expansão. Destaca-se, também, a criação de gado de corte.

A fertilidade do solo, como um fator de produção, tem contribuído para o crescimento do agronegócio brasileiro em geral, e sul-mato-grossense, em particular. A aplicação dos resultados das pesquisas em fertilidade do solo possibilitou o aumento da produtividade agrícola nas áreas tradicionais, assim como a incorporação de novas áreas, antes consideradas improdutivas, ao sistema de produção agrícola. Exemplo disso foi a ocupação do Cerrado, que no MS ocupa grande parte da extensão territorial do Estado e constitui, hoje, uma das maiores zonas produtoras de carne bovina e grãos do mundo.

Além de contribuir para o agronegócio, os estudos em fertilidade do solo tiveram desdobramentos que beneficiaram aspectos ambientais e sociais no país. Isso ocorre porque com o aumento da produção e da produtividade agrícola evita-se a exploração de novas áreas para a agricultura e a pecuária, sendo criadas condições para a estabilidade (ou mesmo diminuição) dos preços dos principais produtos da cesta básica no Brasil ao longo dos anos.

O diagnóstico da fertilidade do solo, baseado em resultados de análises de solos, possibilita recomendações de corretivos e fertilizantes para uma determinada cultura, corroborando com o planejamento no setor produtivo (o produtor se organizará programando a época da compra de insumos, fazendo pesquisa de preços para otimizar a relação entre custos e benefícios dos insumos e das práticas de manejo). Portanto, o diagnóstico da fertilidade do solo, quando determinado para um Estado da Federação, poderá servir de instrumento para auxiliar no planejamento e definição das políticas públicas ou privadas (referentes aos setores do comércio de fertilizantes agrícolas,

implementos agrícolas, e práticas agrícolas em geral) ligadas ao setor produtivo daquele Estado.

O trabalho tem como objetivo:

- 1- Diagnosticar a fertilidade de solos do Mato Grosso do Sul de forma que os resultados sejam usados como instrumento de planejamento para o Estado.
- 2- Comparar os valores obtidos pelos cálculos das recomendações de calagem e adubação fundamentadas nos manuais de recomendações de corretivos e fertilizantes utilizados na região, com os dados de aquisição de corretivos e fertilizantes no Estado do MS, em 2010.
- 3- Estabelecer as correlações entre alguns atributos dos solos do MS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterizações do Estado do Mato Grosso do Sul

A extensão territorial do MS ($3,5712496 \times 10^{11} \text{ m}^2$) é constituída por 61 % de Cerrado, 25 % de Pantanal e 14 % de Mata Atlântica (IBGE, 2003; 2005). Predominam os Latossolos, que ocupam 34 % da área do Estado (Quadro 1) (Mato Grosso do Sul, 1990).

As tipologias climáticas do MS, segundo classificação de Köppen, são Aw e Cwa. Aw apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco), precipitações pluviais são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm, em todo o ano a temperatura média mensal do ar é superior a 18 °C. Já o Cwa é um clima subtropical de inverno seco com temperaturas inferiores a 18 °C no inverno e verão quente, com temperaturas superiores a 22 °C (Gonçalves et al., 2006).

Quadro 1. Classes dos Solos e suas respectivas áreas e porcentagens de ocupação no Estado do Mato Grosso do Sul

Classe de solos do Mato Grosso do Sul		Área dos Solos	Ocupação
1990	Atual	km ²	%
Latossolo Vermelho-Escuro	Latossolo Vermelho	81.810	23,34
Latossolo Roxo	Latossolo Vermelho perférrico	37.757	10,77
Terra Roxa Estruturada	Nitossolo Vermelho	770	0,22
Podzólico Vermelho-Escuro	Argissolo Vermelho	17.250	4,92
Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico	Argissolo Vermelho latossólico	4.360	1,24
Podzólico Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo	13.350	3,81
Podzol Hidromórfico	Espodossolo Humilúvico	28.750	8,20
Brunizém Avermelhado	Chernossolo Argilúvico	990	0,28
Planossolo	Planossolo Háplico	27.130	7,74
Planossolo Solódico	Planossolo Háplico	7.210	2,06
Solonetz Solodizado	Planossolo Nátrico	14.600	4,17
Plintossolo	Plintossolo	2.590	0,74
Plintossolo Solódico	Plintossolos Argilúvicos eutróficos solódicos	1.810	0,52
Glei Húmico Vértico	Gleissolo Háplico	400	0,11
Glei Pouco Húmico	Gleissolo Háplico	12.030	3,43
Areias Quartzosas Hidromórficas	Neossolo Quartzarênico hidromórfico	2.540	0,73
Solos Orgânicos	Organossolo Háplico	200	0,06
Areias Quartzosas	Neossolo Quartzarênico órtico	57.880	16,51
Regossolo	Neossolo Regolítico	8.030	2,29
Solos Aluviais	Neossolos Flúvicos	50	0,01
Vertissolos	Vertissolos	5.610	1,60
Vertissolo Solódico	Vertissolos solódico	1.410	0,40
Rendzina	Chernossolo Rêndzico	2.670	0,76
Solos Litólicos	Neossolo Litólico	11.678	3,33
Associações Complexas	Associações Complexas	5.403	1,54
Subtotal		347.888	99,24
Massa D'Água		2660	0,76
Total do Estado		350.548	100,00

Fonte: Mato Grosso do Sul (1990).

2.2. O agronegócio sul-mato-grossense

Com as exportações de 2009, o MS arrecadou US\$ 1,785 bilhões, dos quais 90,2 % foram obtidos com o agronegócio (Gehlen, 2010), setor que contribuiu com 12 % dos empregos gerados no Estado (CAGED, 2011).

Da produção total do país, em 2009, o Estado do MS contribuiu com 12 % da carne bovina, 7 % da soja e 4,3 % do milho (IBGE, 2009a, b), evidenciando a vocação do Estado para o agronegócio. Também deve ser destacada a expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e eucalipto no Estado, que corresponderam a acréscimos de 2 e 2,5 vezes, respectivamente (IBGE, 2009c; ABRAF, 2010).

2.3. A importância da fertilidade dos solos para o Brasil e o Mato Grosso do Sul

Os estudos da fertilidade dos solos do Cerrado, geralmente ácidos e de baixa fertilidade natural, foram fundamentais para sua incorporação ao sistema de produção agrícola. A consequência dessa incorporação foi a transformação de vastas áreas, anteriormente pouco ocupadas por agriculturas intensivas, em um dos maiores polos agrícolas do mundo (Harrington & Sorenson, 2004). Adicionalmente, os avanços da agricultura no Cerrado trouxeram progressos para os setores agrícolas de alguns Estados brasileiros (Rezende, 2003), dentre eles, o MS que possui 61 % de suas áreas ocupadas por este bioma (IBGE, 2003).

Por meio dos históricos das safras do MS, de 1977/1978 a 2008/2009, foram observados aumentos na área cultivada (113 %), na produtividade (236 %) e na produção (617 %) das principais culturas (CONAB, 2009). Os progressos dos setores agrícolas do Estado, ao longo dos anos, deveram-se preferencialmente à aplicação de tecnologias capazes de aumentar a produtividade, especialmente aquelas relacionadas à fertilidade dos solos (Gehlen, 2010).

Das safras de 1970/1971 a 2003/2004, referentes às 16 principais culturas do Brasil, houve acréscimos: na produção, na produtividade e na área cultivada, que corresponderam, respectivamente, a 384, 236 e 152 %. Estes dados demonstram a importância das pesquisas agronômicas, incluindo aquelas relacionadas à fertilidade do solo, no aumento da produção agrícola brasileira, impulsionada muito mais pelo

aumento da produtividade do que pela expansão da área cultivada (Lopes & Guilherme, 2007).

Os estudos em fertilidade do solo estão entre os principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento alcançado no setor produtivo brasileiro, colaborando para o avanço do agronegócio do país, que em 2004 alcançou a cifra de R\$ 534 bilhões, o equivalente a 33 % do PIB, e respondeu por 37 % dos empregos e por 40 % das exportações (Lopes, 2007).

As aplicações de tecnologias como correção e fertilização dos solos contribuíram para a preservação de aproximadamente 80 milhões de hectares, o que evidencia a importância da fertilidade do solo como fator de preservação ambiental (Lopes et al., 2003).

O aumento da produção agrícola gerado pela fertilidade dos solos, entre outros fatores, nos últimos anos, foi responsável pela diminuição dos índices de preços reais dos produtos de cestas básicas no Brasil. Em janeiro de 2000 esses preços equivaliam a 1/3 daqueles aplicados de setembro de 1975, demonstrando assim a importância social da ciência aplicada à agricultura, principalmente para o segmento de baixa renda da população (Portugal, 2002).

2.4. A importância do diagnóstico da fertilidade dos solos e do balanço de nutrientes para as políticas públicas e privadas de um Estado ou País

O diagnóstico da fertilidade do solo, por meio de análises de solos, pode avaliar o grau de deficiência de nutrientes e determinar as quantidades a serem aplicadas no solo de corretivos e fertilizantes, para determinada cultura (RAIJ et al., 1985).

Nos Estados Unidos, o diagnóstico da fertilidade dos solos é realizado periodicamente com o auxílio de laboratórios de análises de solos públicos e particulares, contando com a assistência do International Plant Nutrition Institute (Fixen et al., 2010). O primeiro resumo dos diagnósticos da fertilidade dos solos para os solos norte americanos foi realizado na década de 1960 (Nelson, 1980).

O diagnóstico, quando realizado para um País ou Estado, não tem o intuito de verificar a necessidade de corretivos e fertilizantes para uma propriedade, entretanto, é uma ferramenta importante para os programas de ações públicas e privadas ligadas ao

setor produtivo, possibilitando a avaliação da fertilidade dos solos dos Estados e de suas mesorregiões, permitindo comparações com os níveis críticos de nutrientes para as principais culturas de cada Estado (Fixen et al., 2010).

Em 1970 foi realizado o primeiro diagnóstico da fertilidade do solo do Estado do Rio Grande do Sul - RS (Porto, 1970). Neste diagnóstico foram utilizadas 27.814 análises de solos coletados no período de 1968 a 1969. A quarta e última avaliação para este Estado ocorreu em 2001, contendo 168.200 amostras coletadas durante os anos de 1997 a 1999. Estes diagnósticos também foram realizados para culturas como arroz, soja em plantio direto e para regiões específicas do RS.

Na Austrália, além do diagnóstico da fertilidade dos solos, foram desenvolvidas, nas regiões de agricultura intensiva, estimativas do balanço de nutrientes para os diversos sistemas agrícolas (culturas manejadas) (Anon, 2001). Nesses estudos, por meio da quantidade de corretivos e fertilizantes vendidos, estimativa do histórico das vendas destes insumos (destino destes produtos agrícolas para determinada cultura) e deposição de nutrientes ao solo por outras fontes (chuva, irrigação e subprodutos produzidos na agricultura), estimados com auxílio de informações já divulgadas, os australianos avaliaram as quantidades de nutrientes depositadas ao solo em determinado sistema agrícola (cultura manejada). Adicionalmente, por meio das estimativas (também fundamentadas em informações publicadas) das quantidades de nutrientes exportados por determinada cultura e das perdas de nutrientes do solo (erosão, lixiviação e volatilização), foi possível quantificar as perdas dos nutrientes dos solos em determinado manejo agrícola. Com essas informações, foi definida que a diferença entre a deposição e as perdas de nutrientes é chamada de balanço de nutrientes, que pode ser negativo (saídas > entradas), positivo (entradas > saídas) ou neutro (entradas = saídas). O fluxograma da figura 1 (Anon, 2001) mostra o modelo australiano, onde os balanços podem ser: positivos $[A + B] > [C + E]$; $f > 0$ (acúmulo de nutrientes); negativos $[A + B] < [C + E]$; $f < 0$ (depleção dos nutrientes) e neutro $[A + B] = [C + E]$; $f = 0$ (equilíbrio dos nutrientes), em que f representa a mudança nas reservas de nutrientes do solo. A diferença $\{[A + B] - C\}$ é definida como balanço de nutrientes no portão da fazenda (Anon, 2001).

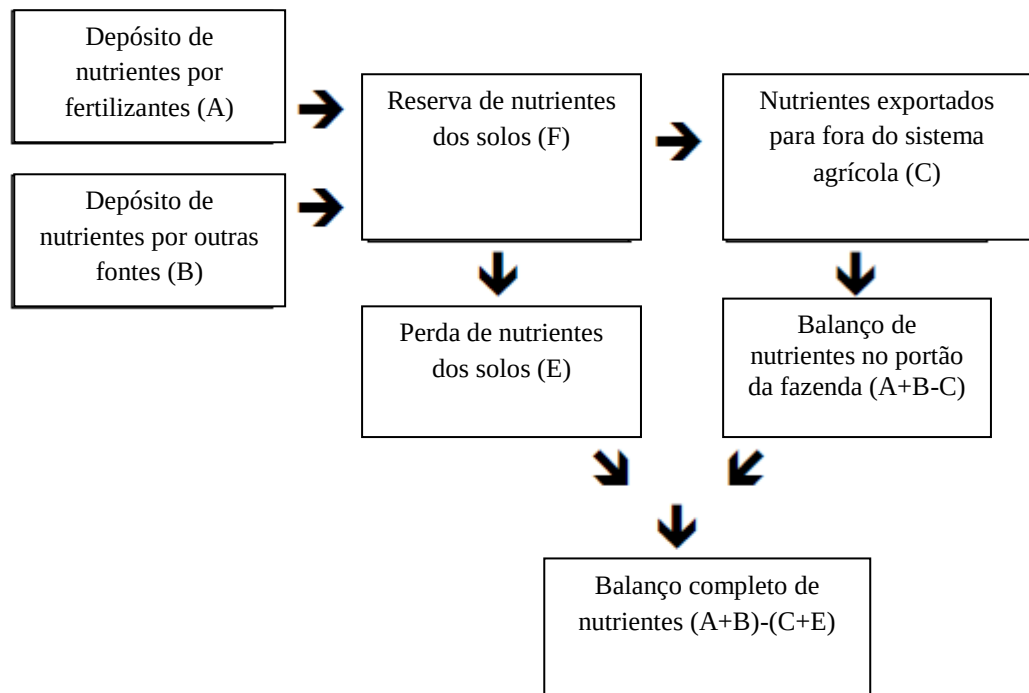


Figura 1. Balanço de nutrientes para sistemas agrícolas de uma região (Anon, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição do banco de dados e análises de solos utilizadas

O trabalho foi realizado utilizando-se banco de dados de um laboratório particular, que contem os resultados de análises químicas e físicas de solos do Estado do MS, no ano de 2010. O banco de dados foi inicialmente composto por 22.808 amostras de solo, coletadas em 76 dos 78 municípios do Estado. Foram selecionadas amostras coletadas nas camadas de 0 a 20 cm de profundidade. O banco de dados resultante foi composto de 8.125 amostras.

As amostras de solo foram analisadas quimicamente conforme Embrapa (1997), mensurando-se: pH (CaCl_2), P e K disponíveis (Mehlich-1), $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, Ca^{2+} e Al^{3+} (KCl 1,0 mol/L) e acidez potencial (H + Al) (acetato de cálcio 0,5 mol/L, pH 7). O P foi determinado por calorimetria e o K por fotometria de emissão de chama. As dosagens de Ca^{2+} , isoladamente, e $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, foram realizadas por titulação complexométrica com EDTA 12,5 mmol/L, sendo os teores de Mg^{2+} obtidos pela diferença. A acidez trocável (Al^{3+}) foi dosada por meio de titulação ácido-base com NaOH 25 mmol/L. Para determinação dos teores de matéria orgânica (extração com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e H_2SO_4 e dosagem por meio de colorímetro) foi utilizado o método Dakota do Sul modificado por Quaggio e Raij (1979), cujo padrão de referência é o método Walkley & Black (Walkley & Black, 1934).

Com base nos resultados das análises químicas foram calculadas, para as 8.125 amostras, a soma de bases (SB), a porcentagem de saturação por bases do solo (V) e a capacidade de troca catiônica a pH 7 (T).

Em 907 amostras determinou-se o P por extração com resina trocadora de íons (mista) e dosagem colorimétrica (Raij et al., 1987), e em 1.183 amostras foram feitas análises granulométricas pelo método do densímetro (Bouyoucos, 1927).

3.2. Estimativa dos teores de argila para a interpretação das classes de disponibilidade de P (Mehlich-1)

A capacidade tampão de fosfatos tem grande influência sobre a extração do P pelo método Mehlich-1, por isso, para a interpretação das classes de disponibilidade de fósforo (P), definidas empregando-se esse extrator, deve-se inserir na metodologia alguma característica do solo que correlacione com sua capacidade tampão. Em solos intemperizados, a característica utilizada, preferencialmente, é o teor de argila. Como a maioria dos solos do Mato Grosso do Sul são intemperizados e apenas 1.183 amostras (do total de 8.125, da camada de 0 a 20 cm) foram submetidas à análise granulométrica, foi necessário estimar o teor de argila das outras 6.942 amostras. Para a estimativa do teor de argila destas amostras, utilizou-se uma relação funcional (ou função de pedotransferência) entre o teor de argila e os teores de MO e T (CTC em pH 7) referentes às análises das 1.183 amostras, obtendo-se a seguinte expressão: Teor de Argila = $-97,04 + 6,91 \text{ MO} + 51,32 \text{ T} - 0,07 \text{ MO}^2 - 1,38 \text{ T}^2$; $R^2 = 0,728$; $r = 0,853$.

3.3. Metodologia utilizada para exclusão dos possíveis resultados discrepantes de cada atributo do solo

Devido aos possíveis erros: de digitação, analíticos e na coleta das amostras. Foram excluídos os resultados de aproximadamente 5 % das amostras, de cada atributo do solo. Para isso, foram removidos, aproximadamente, 2,5 % tanto das amostras com os menores como daquelas com os maiores resultados.

Portanto, a exclusão de parte dos resultados nos seguintes atributos: pH (CaCl_2), Al^{3+} , P (Mehlich-1), K^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, V, MO, T e teor de argila (estimada por correlações com MO e T) resultou no total de 7.726, 7.718, 7.720, 7.748, 7.731, 7.719, 7.721, 7.720 e 7.718 amostras, respectivamente.

3.4. Estatísticas descritivas utilizadas no diagnóstico da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul

Foram utilizadas para os valores de cada atributo analisado dos solos as seguintes estatísticas descritivas: médias, medianas, desvio padrão, amplitude e frequência.

3.4.1 Metodologia utilizada, para obtenção da frequência dos resultados das análises de solos, dos atributos: pH (CaCl₂), P e K (Mehlich-1), Ca²⁺ + Mg²⁺, V, MO, T e teor de argila estimada

Os resultados dos atributos dos solos: pH (CaCl₂), P e K (Mehlich-1), Ca²⁺ + Mg²⁺, V, MO e T foram classificados em faixas (classes) conforme os limites das classes estabelecidos pelos principais manuais técnicos utilizados no Estado do Mato Grosso do Sul: Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Sousa & Lobato, 2004a); Cerrado - Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens (Martha Júnior et al., 2007) e Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999) (Quadro 2).

Quadro 2. Relação dos atributos dos solos analisados e dos manuais técnicos utilizados para classificação

Atributos dos solos	Manuais Técnicos
pH (CaCl ₂), P e K (Mehlich-1), Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , V, MO e T	Cerrado - Correção do Solo e Adubação
V, P e K (Mehlich-1)	Cerrado - Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens
Al ³⁺	Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais

Cabe ressaltar que alguns manuais não estabelecem as classes de disponibilidade de todos os atributos dos solos.

As classes (faixas) de interpretação da fertilidade dos solos de cada atributo foram pelos boletins técnicos: Muito Baixa, Baixa, Média, Adequada e Alta, e outras (dependendo da classificação utilizada pelo manual técnico). Foram expressas, para cada atributo, os intervalos dos teores que limitam essas classes. Deste modo, foi obtida,

com os resultados das análises de solos, a frequência relativa percentual (FRP) de cada classe.

Como os manuais técnicos têm as classes de interpretação da fertilidade do solo para o P (Mehlich-1) subdivididas de acordo com as classes texturais, os teores de P das amostras foram classificados primeiramente em quatro faixas, concordando com as classes texturais arenosa, média, argilosa e muito argilosa, e, após isso, foram agrupados de acordo com as classes de disponibilidade de cada manual técnico. Os limites entre essas classes não foram mencionados, pois para cada classe foram encontrados mais de uma faixa de disponibilidade de P (expresso em teor de P disponível).

Os manuais técnicos Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Sousa & Lobato, 2004) e Cerrado - Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens (Martha Júnior et al., 2007), têm as classes de interpretação do K subdivididas em $T \leq 4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $T > 4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Sendo assim, os resultados de K foram classificados primeiramente nas duas faixas mencionadas, e posteriormente foram agrupados de acordo com as classes de disponibilidade de cada manual. Os limites entre as classes (em teor de K) não foram informados, pois em uma classe foi encontrada mais de um intervalo de disponibilidade de K.

Para a obtenção das faixas de disponibilidade do atributo $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ em cada manual técnico foram somados os limites das classes de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Para obtenção da frequência dos teores de argila estimados foram utilizados os seguintes critérios de delimitação das classes texturais: 0 a 150 g/kg (arenosa), 150 a 350 g/kg(média), 350 a 600 g/kg (argilosa) e > 600 g/kg (muito argilosa).

3.5. Área, produção e produtividade das principais culturas estabelecidas

Para fins de recomendações de corretivos e fertilizantes foram obtidas as áreas, as produções e as produtividades (produção/área) das culturas cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja e pastagens, no MS, no ano de 2010 (Quadro 3).

Quadro 3. Área, produção e produtividade das principais culturas do Estado do MS

Cultura	Área	Produção	Produtividade
	ha	t	
Cana-de-açúcar (t/ha) ^{1/}	399.408,00	34.795.664	87,12
Eucalipto (m ³) ^{1/}	378.195,00	-	-
Milho (t/ha) ^{1/}	873.861,00	3.782.946	4,33
Soja (t/ha) ^{1/}	1.732.492,00	5.340.462	3,08
Pastagens plantadas	14.390.715,40*	-	-
Pastagens naturais	2.538.566,60*	-	-

*Área de pastagens estimada com base nas áreas de pastagens relatadas pelo IBGE (2006), nas áreas acrescentadas ao cultivo da cana-de-açúcar (IBGE, 2010) e eucalipto (ABRAF, 2011), no período de 2007 a 2010. Foram excluídas as áreas situadas na microrregião do Baixo Pantanal (IBGE, 2006). ^{1/} Unidade utilizada para a produtividade de cada cultura.

Segundo IBGE (2010) 54.323 ha de área foram incorporados ao cultivo da cana-de-açúcar (portanto foram considerados neste trabalho como cana-planta) em 2010, sendo que os 345.085 ha que completam o total da área, foram considerados neste trabalho como cana-soca. As áreas de milho e soja também foram obtidas pelo IBGE (2010).

Como não havia dados referentes às áreas de pastagens para o Estado do Mato Grosso do Sul no ano de 2010, foram estimadas as áreas de pastagens (naturais e plantadas) empregando-se dados referentes às áreas de pastagens divulgadas no último censo agropecuário realizado (IBGE, 2006). Também foram utilizados para a estimativa das áreas de pastagens os dados alusivos às áreas de cana (IBGE, 2010) e eucalipto (ABRAF, 2011), implantadas entre 2007 e 2010. Estas culturas têm substituído grandes extensões de terra ocupadas anteriormente por pastagens.

O objetivo de estimar a área total de pastagens referentes ao ano de 2010 é utilizá-la nos cálculos de recomendação de calcário e fertilizante para o MS. Deste modo, foram excluídas 3.694.000 ha de pastagens nativas situadas na microrregião do Baixo Pantanal (IBGE, 2006), devido à razões de caráter ambiental e logístico no que se refere à utilização dos insumos mencionados. As áreas de pastagens naturais e plantadas obtidas pelo IBGE (2006) foram subtraídas pelas áreas de cana-de-açúcar e eucalipto plantadas nos anos de 2007 a 2010, obtendo-se assim as áreas estimadas de pastagens naturais e plantadas para o MS no ano de 2010.

3.6. Estimativa da quantidade de calcário que deveriam ser utilizadas

A necessidade de calagem (NC) para os solos do MS, em 2010, foi calculada pelo método da saturação por bases ($NC = (Ve - Va) T/100$), em que Ve é saturação por base esperada.; Va é a saturação por base atual; e T é a CTC em pH 7 do solo. Para os cálculos da necessidade de calagem, o PRNT do calcário foi considerado a 100 %.

Outra frequência dos resultados de saturações por bases foi obtida, com intuito de estimar a quantidade de calcário que deveria ser utilizado pelo Estado.

O limite superior de cada classe foi definido pela saturação de bases esperada de cada cultura. Portanto, as Ve das pastagens (naturais e plantadas), cana-de-açúcar, eucalipto e milho foram obtidas pelo Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Sousa & Lobato, 2004a). Enquanto, para soja utilizou-se o proposto no manual técnico Embrapa - Tecnologia de Produção de Soja Região Central do Brasil (Embrapa, 2007).

Para cada classe foram expressas as frequências relativas acumuladas (FRA). As NC foram calculadas por meio das médias de saturações por bases (Va) e da T obtidas em cada classe.

Portanto, a partir dos valores de distribuição percentual acumulada das amostras de solo, da dose necessária para elevar a saturação de bases e da área cultivada obteve-se a quantidade de calcário recomendada para cada classe (Equação 1 e Equação 2).

$$AR = FRAC \ AC \quad \text{Equação 1}$$

$$RCC = AR \ NC \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

AR = Área recomendada para correção em cada classe (área representativa) (ha);

FRAC = Frequência relativa acumulada;

AC = Área da cultura estabelecida no Estado (ha);

RCC = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pelas culturas (t);

NC = Necessidade de calagem (t/ha).

Em seguida foi utilizada a seguinte equação que forneceu a estimativa da quantidade desse corretivo que deveria ser utilizada no MS, em 2010 (Equação 3):

$$\text{RECMS} = \text{RCC}_1 + \text{RCC}_2 + \text{RCC}_3 + \text{RCC}_4 + \text{RCC}_5 + \text{RCC}_6 \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

RECMS = Recomendação estimada de calcário para o MS, em 2010 (t);

RCC₁ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura do eucalipto (t);

RCC₂ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura da pastagem (natural) (t);

RCC₃ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura da pastagem (plantada) (t);

RCC₄ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura da cana-de-açúcar (t);

RCC₅ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura do milho (t).

RCC₆ = Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases exigida pela cultura da soja (t).

A quantidade estimada de calcário que deveria ser utilizada em cada classe (cultura) foi dividida pela área de cada cultivo (pastagens, cana-de-açúcar, eucalipto, milho e soja) estabelecido no Estado, o que resultou na estimativa da necessidade de calagem média de uma cultura.

Usualmente as pastagens naturais são cultivadas sem o manejo de corretivos e fertilizantes. Com a degradação natural da fertilidade do solo, as espécies forrageiras que se adaptam ao meio geralmente são menos exigentes. Assim, para as determinações das quantidades estimadas de calcário e de fertilizantes que deveriam ser utilizadas no MS foram consideradas as pastagens naturais e plantadas como forrageiras de baixo nível tecnológico (ou baixa exigência nutricional) e nível médio (mais exigente), respectivamente.

3.7. Estimativas das quantidades de P_2O_5 e K_2O que deveriam ser utilizadas

As estimativas das quantidades de P_2O_5 e K_2O que deveriam ser utilizadas no MS em 2010 foram obtidas, a partir das classes de disponibilidade de P e K definidas pelos principais boletins utilizados na região, da produtividade dos cultivos estabelecidos no MS e da área cultivada, no Estado, com as culturas de cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja e pastagens (naturais e plantadas).

Para cada classe de disponibilidade de P e K, foram expressas as frequências relativas (FR) dos resultados de análise de solos, e também as áreas das culturas (cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja, pastagens naturais e plantadas) estabelecidas no Estado (AC).

Foram consideradas as seguintes produtividades: > 120 t/ha, > 80 t/ha, < 6 t/ha e 40 m^3 /ha para os cultivos da cana-de-açúcar planta, cana-de-açúcar soca, milho e do eucalipto, respectivamente. Estas produtividades foram consideradas no cálculo de estimativa de recomendação de P_2O_5 e K_2O , pois se aproximavam das observadas no Estado, em 2010 (Quadro 3). Devido à ausência dos dados referentes à produção e à produtividade do eucalipto no MS, a produtividade dessa cultura foi estimada, para o Estado, baseando-se na produtividade média de eucalipto no Brasil, em 2010 (ABRAF, 2011).

As estimativas de recomendação de P_2O_5 e K_2O foram obtidas utilizando-se os manuais técnicos Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (para o eucalipto) (Barros & Novais, 1999), Cerrado: Correção do Solo e Adubação (cana-de-açúcar, milho e soja) (Sousa & Lobato, 2004) e Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens (para pastagens naturais e plantadas) (Martha Júnior et al., 2007).

As doses recomendáveis de P_2O_5 e K_2O (kg/ha) foram indicadas à cada classe de disponibilidade de P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1), para isso foram utilizadas as recomendações definidas nos manuais citados anteriormente.

Portanto, foram elaboradas as seguintes equações para obtenção da recomendação de P_2O_5 e K_2O para cada classe de disponibilidade de P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) respectivo a uma cultura (Equações 4 e 5).

$$AR = FR \cdot AC \quad \text{Equação 4}$$

$$RFC = AR \cdot DRC \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

AR = Área recomendada para fertilização em cada classe (área representativa) (ha);

FR = Frequência relativa;

AC = Área da cultura estabelecida no Estado (ha);

RFC = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para cada classe de disponibilidade de P (Mehlich-1) e de K (Mehlich-1) respectivo a uma cultura (cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja e pastagens);

DRC = Dose recomendada para cada classe de disponibilidade de P (Mehlich-1) e de K (Mehlich-1) respectivo a uma cultura.

Em seguida foi utilizada a seguinte equação que forneceu a estimativa da quantidade desses fertilizantes que deveriam ser utilizados para cada cultura (Equação 6):

$$REMS = RFC_1 + RFC_2 + RFC_3 + RFC_4 + RFC_5 \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

REMS = Recomendação estimada de P_2O_5 e K_2O que deveria ser utilizada para cada cultura no MS, em 2010;

RFC_1 = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para uma cultura, considerando-se a classe de disponibilidade muito baixa em P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) no solo.

RFC_2 = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para uma cultura, considerando-se a classe de disponibilidade baixa em P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) no solo;

RFC_3 = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para uma cultura, considerando-se a classe de disponibilidade média em P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) no solo;

RFC_4 = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para uma cultura, considerando-se a classe de disponibilidade adequada em P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) no solo;

RFC_5 = Recomendação de P_2O_5 e K_2O para uma cultura, considerando-se a classe de disponibilidade alta em P (Mehlich-1) e K (Mehlich-1) no solo.

O somatório das quantidades de P_2O_5 e de K_2O obtidas para cada cultura resultou na quantidade estimada destes insumos que deveriam ser utilizados no MS, em 2010.

Todas as estimativas de recomendações de fertilizantes (N, P_2O_5 e K_2O) para pastagens (naturais e plantadas) foram calculadas como de estabelecimento.

As quantidades estimadas de P_2O_5 e de K_2O que deveriam ser utilizadas em uma cultura (pastagens, cana-de-açúcar, eucalipto, milho e soja) foram divididas pela área de cada cultivo estabelecido no Estado, o que resultou na estimativa de recomendação média destes insumos para cada cultura no MS, em 2010.

3.7.1. Estimativa da quantidade de N que deveria ser utilizada

Foram estimadas as recomendações de N para as culturas de cana-de-açúcar (cana-planta e cana-soca), eucalipto, milho e pastagens (naturais e plantadas) estabelecidas no MS. Para essa estimativa utilizou-se o manual Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

A quantidade de N que deveria ser utilizada no MS, em 2010, foi determinada, somente, em função da expectativa de produtividade de cada cultura, mencionada anteriormente. Deste modo, por meio da expectativa de produtividade de cada cultura (exceto pastagens), foram recomendadas pelo boletim as doses por hectare de N necessárias a cada cultura. Desta forma, multiplicou-se a dose de N/ha de uma cultura com a área desta cultura estabelecida no Estado. Esse cálculo determinou a quantidade estimada de N que deveria ter sido aplicada para uma cultura no MS, em 2010.

As somas das doses de N estimadas para cada cultura, determinou a quantidade desse insumo que deveria ser utilizada no MS.

Sendo a cultura da soja suprida com N oriundo da fixação biológica do N_2 atmosférico pelas bactérias associativas pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, não foi necessária a recomendação desse nutriente para essa cultura.

A quantidade estimada de N que deveria ser utilizada foi dividida pela soma das áreas de todas as culturas (pastagens, cana-de-açúcar, eucalipto, milho e soja) estabelecidas no Estado, o que resultou na estimativa da recomendação média desse insumo para o MS, em 2010.

3.8 Comparações entre as quantidades estimadas de calcário, N, P₂O₅ e K₂O que deveriam ser utilizadas e as quantidades produzidas e compradas destes insumos em 2010

As quantidades compradas de N, P₂O₅ e K₂O no MS, em 2010, foram fornecidas pela Seprotur-MS (2010). A quantidade de calcário produzida no Estado foi obtida pela Abracal (2010).

A estimativa da quantidade de calcário recomendada para o Estado foi comparada com a quantia produzida de corretivos de acidez do solo (considerando PRNT= 100%) no MS, em 2010. Assim como, as doses estimadas de N, P₂O₅ e K₂O foram comparadas com as quantidades compradas destes insumos.

3.9. Relações entre os atributos dos solos analisados

Foram relacionados os atributos dos solos analisados: $P\text{-res} = \beta_0 + \beta_1 \text{ PM-1}$ (907 amostras) de forma global e subdivididos em duas classes texturais: teores de argila ≤ 350 e > 350 g/kg, em 224 e 148 amostras, respectivamente.

As relações: $\text{pH}(\text{CaCl}_2) = \beta_0 + \beta_1 \text{ V}$ e $\text{T} = \beta_0 + \beta_1 \text{ MO}$, foram obtidas por meio das 8.125 amostras coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Diagnóstico da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

4.1.1. Frequência dos Atributos de acidez nos solos

Foi observado que em aproximadamente 78,26 % das amostras de solos coletadas em 2010, no MS, o pH (em CaCl_2) ficou acima de 4,8 (Quadro 4), devendo-se ressaltar que com valores de pH próximos a 4,8, em CaCl_2 , o Al trocável encontra-se completamente hidrolisado (Motta & Melo, 2009). Esses resultados são corroborados pelos dados apresentados no quadro 5, em que 82,18 % das amostras de solos analisadas possuem teores de Al^{3+} menores ou iguais a $0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, valor enquadrado na classe “Muito Baixo” (Ribeiro et al., 1999). Observa-se que este resultado é pouco esperado para solos com vegetação natural do Cerrado, uma vez que esses solos são caracterizados como ácidos, tendo, geralmente, teores de acidez trocável (Al^{3+}) acima de $0,25 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (Lopes, 1983). A utilização de calcário pelos produtores pode justificar os resultados encontrados nos quadros 4 e 5.

Quadro 4. Frequências dos resultados de pH (CaCl_2) nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Classe ^{1/}	Faixa de pH	FRP ² %
Baixa	$\leq 4,4$	5,20
Média	4,41 - 4,80	16,54
Adequada	4,81 - 5,50	57,51
Alta	5,51 - 5,89	18,48
Muito Alta	$> 5,89$	2,27

^{1/}Cerrado: Correção do Solo e Adubação (Sousa et al., 1987; Sousa & Lobato, 1996; Andrade, 2004);

^{2/}Frequência relativa percentual.

Quadro 5. Frequência dos resultados de Al^{3+} nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Classe^{1/}	Faixa de Al^{3+}	FRP^{2/}
	cmol _c /dm ³	%
Muito Baixo	≤0,20	82,18
Baixo	0,21 - 0,50	13,13
Médio	0,51 - 1,00	4,69
Alto	2,00	0
Muito Alto	>2,00	0

^{1/}Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Alvarez V. et al, 1999); ^{2/}Frequência relativa percentual.

4.1.2. Frequência de disponibilidade de P (Mehlich-1)

Considerando-se as classes de disponibilidade de P do manual Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Cerrado - CSA) (Sousa & Lobato, 2004), foi observado que 46,13 % das amostras de solos analisadas apresentaram teores de P abaixo do nível crítico para culturas anuais, e perenes e semiperenes (Quadro 6). De acordo com o manual Cerrado - Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens (Cerrado - UECFP) (Martha Júnior et al., 2007), 72,8 e 67,55 % das amostras de solos estavam com teores de P acima do nível crítico para pastagens pouco exigentes e exigentes, respectivamente (Quadro 6).

Segundo Lopes (1983), o P é um dos elementos mais limitantes em solos do Cerrado e, aliado à fixação com os óxidos de Al e Fe, constituem, certamente, em um dos fatores críticos quanto ao investimento inicial para o desenvolvimento de agriculturas tecnificadas. Neste trabalho foi observado que o P foi um dos elementos mais limitantes para a produção agrícola do Estado, apesar de 53,87 % das amostras de solo possuírem teores de P acima dos níveis críticos para culturas anuais, perenes e semiperenes, de acordo com o manual técnico Cerrado-CSA.

Observando-se as frequências de disponibilidade de P (Quadro 6), pode-se inferir que a fertilidade dos solos do MS vêm sendo construída por meio de aplicações de fertilizantes fosfatados.

Quadro 6. Frequências de disponibilidade de P (Mehlich-1) nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Boletim Técnico	Classe	FRP^{5/}
		%
1/	Muito Baixa	21,24
	Baixa	12,27
	Média	12,62
	Adequada	13,21
	Alta	40,66
2/	Baixa	33,51
	Média	12,62
	Adequada	53,87
3/	Muito Baixa	10,19
	Baixa	9,24
	Média	7,77
	Adequada	72,80
4/	Muito Baixa	13,47
	Baixa	10,65
	Média	8,33
	Adequada	67,55

1/Cerrado - Correção dos Solos e Adubação para culturas anuais (Sousa et al., 1987); 2/Cerrado - Correção dos Solos e Adubação para culturas perenes e semiperenes (Andrade, 2004); 3/Cerrado - Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes para Pastagens (pastagens pouco exigentes em P) e 4/pastagens exigentes em P (Sousa et al., 2007); ^{5/}Frequência relativa percentual;

Foi observada, maior frequência de amostras com teores de P acima dos níveis críticos para as pastagens, em relação às culturas anuais, perenes e semiperenes (Quadro 6). Isto ocorreu porque culturas como soja, milho e eucalipto possuem maiores exigências de P quando comparado às exigências nutricionais das espécies forrageiras. Diferente dos resultados encontrados neste trabalho, no diagnóstico da fertilidade do solo obtido para o Estado do Rio Grande do Sul em 2000, 79,3 % das amostras apresentavam teores de P abaixo do nível crítico para grande parte das culturas (Rheinheimer et al., 2001), de acordo com o manual técnico: “Recomendação de Adubação e Calagem para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina” (CFS-RS/SC, 1994).

4.1.3.Frequência de disponibilidade de K (Mehlich-1)

De acordo com as faixas (classes) de interpretação do manual técnico Cerrado-CSA, 87,47 e 71,28 % das amostras de solos apresentaram teores de K acima do nível crítico para culturas anuais e perenes e semiperenes, respectivamente. Por meio das classes de fertilidade de K estabelecidas pelo Cerrado - UECFP, observou-se que 86,44 % das amostras apresentavam teores acima do nível crítico para pastagens (Quadro 7).

Quadro 7. Frequências de disponibilidade de K (Mehlich-1), nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Boletim Técnico	Classe	FRP ^{4/}
		%
1/	Baixo	2,05
	Médio	10,48
	Adequado	16,19
	Alto	71,28
2/	Baixo	2,05
	Médio	26,67
	Adequado	71,28
3/	Baixo	2,05
	Médio	11,51
	Adequado	86,44

1/Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Culturas anuais) (Vilela et al., 2004a); 2/Cerrado - Correção do Solo e Adubação (Culturas perenes e semiperenes) (Andrade, 2004); 3/Cerrado – Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens (Vilela et al., 2007); ^{4/}Frequência relativa percentual.

Na Austrália, 90 % das áreas agrícolas apresentaram teores de K adequados (acima de 120 mg/dm³) para a maioria das culturas cultivadas (Anon, 2001). Esse resultado está de acordo com aqueles aqui obtidos. Deve-se ressaltar que grande parte do território australiano possui solos mais intemperizados, como os do Cerrado, o maior bioma em extensão, do MS.

Os resultados encontrados podem ser explicados com a utilização de adubação potássica. Poder-se-ia esperar baixos teores de K nos solos amostrados do MS, pois solos mais intemperizados (predominantemente presentes no Estado) possuem baixas CTC(s) efetivas, o que favorece a maior lixiviação deste elemento.

4.1.4. Frequência de disponibilidade de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$

Das 7.731 determinações de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, 89,28 % apresentaram teores acima do nível crítico para culturas anuais (Quadro 8), de acordo com o boletim técnico Cerrado - CSA.

Quadro 8. Frequências de disponibilidade de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Classe ¹	Faixa de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ cmol _c /dm ³	FRP ^{3/} %
Baixo	<2	10,72
Adequado	2 – 9	75,45
Alto	>9	13,83

^{1/}Cerrado - Correção do Solo e Adubação (culturas anuais) (Sousa & Lobato, 2004); ^{2/}Frequência relativa percentual;

Provavelmente, estes resultados decorrem da fertilidade natural de alguns solos. Entretanto, devido a maior presença de solos mais intemperizados no MS, os resultados podem ser melhor justificados por históricos de uso de fertilizantes contendo cálcio (fertilizantes fosfatados) ou aplicações de calcário e gesso nos solos amostrados.

4.1.5. Frequências de Saturação por Bases, Argila, CTC em pH 7 e Matéria Orgânica

De acordo com as classes de interpretação do manual técnico Cerrado - CSA (para culturas anuais), 43,97 % das amostras estão acima de 60 % de saturação por bases. Entretanto, pelo mesmo manual, 48,69 % das amostras apresentam-se muito próximas às exigências das principais culturas utilizadas na agricultura, entre 35 a 60 % (classe adequada) (Quadro 9).

A frequência de valores nas diferentes faixas de saturação por bases (Quadro 9) relaciona-se diretamente com a frequência de valores de pH em CaCl_2 (Quadro 4) e inversamente com os teores de Al^{+3} (Quadro 5). Deste modo, foram observadas maiores frequências de resultados acima das classes médias para os atributos do solo pH em CaCl_2 e saturações por bases (Quadros 4 e 9, respectivamente). Estes dados permitem pressupor que muitos dos solos analisados foram submetidos à calagem.

Quadro 9. Frequências de saturação por bases nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Classe^{1/}	Faixa de V	FRP^{2/}
	%	%
Baixo	≤20,00	1,46
Médio	20,01- 35,00	5,88
Adequado	35,01 - 60,00	48,69
Alto	60,01 - 70,00	27,79
Muito Alto	>70	16,18

^{1/}Cerrado- Correção do Solo e Adubação (Sousa & Lobato,2004);

^{2/}Frequência relativa percentual.

A classe textural argilosa apresentou a maior frequência, 66,55 % das amostras, seguida da classe textural média, 30,2 % (Quadro 10). Estes resultados podem indicar que a maior parte das amostras enviadas ao laboratório foram coletas em solos submetidos à agricultura intensiva, uma vez que a implantação de agricultura mais intensiva ocorrem em solos com maiores teores de argila.

Quadro 10. Frequência das classes texturais nos solos do Mato Grosso do Sul em 2010

Classe Textural	Faixa de argila	FRP^{1/}
	g/kg	%
Arenoso	≤150	3,25
Média	151-350	30,2
Argiloso	351-600	66,55
Muito Argiloso	>600	0

^{1/}Frequência relativa percentual.

Outros dados que corroboram com a hipótese de que a maior parte das amostras enviadas ao laboratório foram coletas em solos submetidos à agricultura mais intensiva (tecnificada) seriam as altas frequências dos teores de K (Quadro 7) e $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ (Quadro 8), acima dos níveis críticos, de acordo com os boletins Cerrado - CSA (para culturas anuais) e Cerrado - UECFP (para pastagens). Portanto, estes resultados podem ser justificados com o manejo de corretivos e fertilizantes, muito utilizados em agricultura mais intensiva.

Considerando-se os valores encontrados em Cerrado - CSA (para culturas anuais), 71,93 % das amostras apresentaram T (CTC a pH 7) acima da classe média (Quadro 11). As frequências dos resultados de T acima da classe média (71,93 %) foram

muito próximas da frequência apresentada na classe argilosa (66,5 % das análises granulométricas, Quadro 10), o que demonstra a relação direta entre os atributos textura e T dos solos (Raij, 1969).

Quadro 11. Frequências de CTC a pH 7 (T) nos solos do Mato Grosso do Sul, em 2010

Classe^{1/}	FRP^{2/}
	%
Baixa	9,51
Média	18,56
Adequada	53,60
Alta	18,33

^{1/}Cerrado – Correção do Solo e Adubação (para culturas anuais) (Sousa & Lobato, 2004); ^{2/}Frequência relativa percentual;

De acordo como as classes estabelecidas pelo manual técnico Cerrado - CSA para culturas anuais, a frequência de análises na classe baixa de T foi de 9,51 % das amostras (Quadro 11).

Solos com maiores T têm suas bases Ca^{+2} , Mg^{+2} e K menos lixiviadas, o que corrobora para o aumento dos teores desses cátions. Portanto, as altas frequências de amostras apresentando teores de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ e K acima dos níveis críticos para culturas anuais podem justificar as frequências obtidas em T.

A predominância de caulinita, óxidos de ferro e alumínio em solos tropicais elevam a importância da matéria orgânica na formação de cargas negativas nestes solos (Bayer e Mielniczuk, 1999). Além disso, a MO é, provavelmente, o melhor indicativo de qualidade dos solos, pois a variação de seu teor ao longo dos anos pode comprovar se o manejo aplicado (adubação, produção de resíduos vegetais, revolvimento do solo e outros) está sendo feito de forma eficiente ou inadequado (Mielniczuk, 2008).

Observou-se que 11,26 % das amostras apresentaram teores baixos, 23,44 % médios, 59,03 % adequados e 6,27 % altos teores de MO, de acordo com as classes estabelecidas em Cerrado – CSA, para culturas anuais (Quadro 12). A frequência dos resultados de MO acima da classe média foi de 65,3 % de amostras. A alta frequência de solos com teores apropriados de MO para culturas anuais pode ser consequência de

manejos como cultivo mínimo ou plantio direto que preconizam a preservação ou acúmulo do atributo no solo.

Quadro 12. Frequências de Matéria Orgânica nos solos do MS, em 2010

Classe ^{1/}	FRP ^{2/}
	%
Baixa	11,26
Média	23,44
Adequada	59,03
Alta	6,27

^{1/}Cerrado – Correção do Solo e Adubação (para culturas anuais) (Sousa & Lobato, 2004); ^{2/}Frequência relativa percentual

A predominância de solos argilosos pode justificar a alta frequência de amostras de solo com teores de MO considerada adequada. Isto ocorre porque as argilas protegem a MO, via agregação do solo, o que colabora para sua menor decomposição (Silva & Mendonça, 2007).

4.1.6. Discussões gerais sobre diagnóstico da fertilidade dos solos

A alta frequência de resultados analíticos com teores acima dos níveis críticos (em grande parte das culturas) para $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, P, K, como também a alta frequência de resultados analíticos com baixos teores de Al^{+3} observadas anteriormente, comprovam que a maior parte da população amostral era oriunda de áreas de agricultura mais intensiva, onde a análise do solo e sua correção é mais frequente se comparado às áreas de agricultura menos intensiva, como a pecuária.

Portanto, a maior frequência de amostras características de agricultura mais intensiva não reflete a realidade da fertilidade dos solos de 9 milhões de ha de pastagens degradadas (Seprotur-MS, 2012). Provavelmente, este ambiente foi representado pela minoria das análises enquadradas nas classes baixas e muito baixas de alguns atributos essenciais ao desenvolvimento da planta.

Aproximadamente 73 % das amostras foram coletadas na região Sudoeste do Estado (Figura 1). Nesta mesorregião são observadas grandes extensões de solos como Latossolo Vermelho, antigo Latossolo Roxo, Chernossolo Rendzênico e outros naturalmente mais férteis quando comparado aos Neossolos Quartzarênicos, Latossolos

Vermelhos, Latossolos Vermelhos-Amarelos e outros que ocupam amplas extensões no Estado (Figura 1). A condição de melhor fertilidade natural destes solos, quando comparado com solos mais intemperizados de outras mesorregiões, aliada ao manejo facilitado desses solos, favoreceram a ocupação de extensas áreas com agricultura intensiva na mesorregião Sudoeste do Estado, o que pode justificar as altas frequências de resultados acima dos níveis críticos.

Pela amplitude pode ser observada a grande diversidade de fertilidade e textura dos solos que compunham a população amostral (Quadro 13). Neste trabalho, todos os atributos dos solos observados, exceto Al^{+3} apresentaram medianas maiores do que as observadas em um levantamento realizado no Cerrado. Segundo Lopes (1983), os atributos dos solos, na camada de 0 a 20 cm sob vegetação natural do Cerrado, apresentaram as seguintes medianas: 4,2 (pH KCl 1 mol/L); 0,34 $cmol_c/dm^3$ ($Ca^{+2}+Mg^{+2}$); 0,4 mg/dm^3 (P solúvel); 31,28 mg/dm^3 (K Mehlich-1); 0,56 $cmol_c/dm^3$ (Al^{+3}); 22 g/kg (MO).

Considerando-se que grande parte do Mato Grosso do Sul é ocupada pelo bioma Cerrado e que as medianas dos atributos apresentados neste trabalho foram muito maiores que aquelas apresentadas por Lopes (1983), pode-se constatar a construção da fertilidade promovida nestes solos pelo uso de corretivos e fertilizantes.

Quadro 13. Estatísticas descritivas dos atributos das amostras de solos analisadas

Atributo	n	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
pH ($CaCl_2$)	7726	5,14	5,17	0,414	4,19	6,04
P M-1 (mg/dm^3)	7720	14,48	10,64	13,135	0,77	67,94
K (mg/dm^3)	7748	138	117,3	89,410	15,64	406,64
$Ca^{+2}+Mg^{+2}$ ($cmol_c/dm^3$)	7731	5,61	5,25	3,121	0,5	15,35
V (%)	7719	56,64	58,09	13,476	15,86	81,01
MO (g/dm^3)	7721	29,66	30,87	10,361	9,66	52,44
T ($cmol_c/dm^3$)	7720	10,02	10,37	3,995	2,97	21,01
Argila (g/kg^1)	1768	307,5	240	171,41	100	650
Argila (g/kg^1)*	7718	390,36	434,48	121,200	105,52	546,06

*Argila estimada.

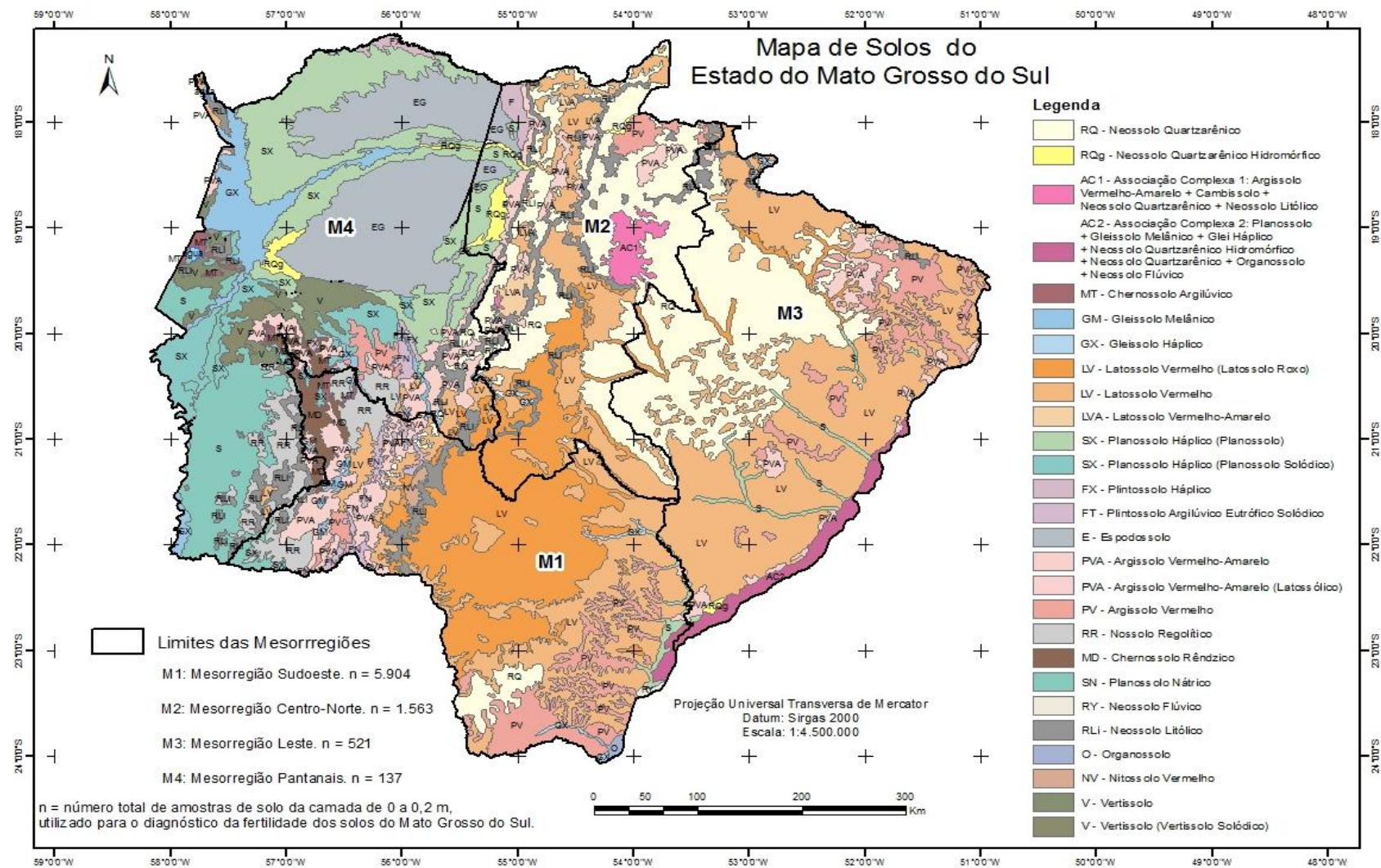


Figura 1. Mapa de solos do Estado do Mato Grosso do Sul

4.2. Estimativa da quantidade de calcário que deveria ser utilizado, comparação entre a quantidade de calcário recomendada (estimada) com a quantidade de calcário produzida no Estado

Devido à baixa probabilidade de resposta produtiva da cultura e à dificuldade operacional na aplicação de doses menores que 0,5 t/ha, a necessidade de calagem, calculada conforme o manual técnico Cerrado - CSA para o cultivo do eucalipto (NC= 0,2 t/ha), foi desconsiderado no cálculo de recomendação estimada de calcário para o MS, em 2010 (Quadro 14).

Quadro 14. Recomendação de calcário para o Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, calculado pelo método de saturações por bases, para as culturas das pastagens (Vilela et al., 2004), eucalipto (Andrade, 2004), soja (Embrapa, 2007), milho (Sousa & Lobato, 2004) e cana de açúcar (Sousa & Lobato, 2004)

Culturas	LSC V* (%)	FRAC	AC (ha)	AR (ha)	NC (ha)	RCC (t)
Eucalipto	25	0,0295	378.195	11.156,8	0,2	-
Pastagens naturais	35	0,0735	2.429.799	178.590	0,5	89.295
Pastagens plantadas	45	0,1770	14.314.483,4	2.533.664	0,7	1.773.564,8
Cana-de-açúcar e milho	50	0,2749	1.273.269	350.021,65	0,77	269.516,7
Soja	60	0,5603	1.732.492	970.715,27	1	970.715,27
Σ	>60	1	20.128.958	4.044.147,7	RECMS	3.103.091,77

FRAC: Frequência relativa acumulativa; AC: Área cultivada; AR: Área recomendada para correção; NC: Necessidade de calagem; RCC: Recomendação de calcário para cada classe de saturação por bases e RECMS: Recomendação estimada de calcário para o MS, em 2010.*Limite superior das classes de saturações por bases

De acordo com as quantidades de calcário recomendadas (estimadas) para o MS, por meio de análises de solos e dos manuais técnicos Cerrado - CSA (Sousa & Lobato, 2004) e Embrapa - Tecnologias de Produção de Soja Região Central (Embrapa, 2007), foram recomendadas (estimadas) 3.103.092 t de calcário, enquanto a produção de calcário no Estado, em 2010, foi de 1.150.000 t (Quadro 15), ou seja, a produção de calcário foi 2,7 vezes menor do que as quantidades de calcário estimadas.

Quadro 15. Área das culturas estabelecidas e percentagem da área cultivada no MS, estimativa do que deveria ser utilizado de calcário para cada cultura estabelecida e média da necessidade de calagem no MS, em 2010

Culturas	Área		RCALC ^{2/}	Média de NC ^{3/}
	ha	% ^{1/}	t	t/ha
Cana-de-açúcar e milho	1.273.269	4,81	269.516,7	0,21
Pastagens naturais	2.429.799	9,18	89.295	0,04
Pastagens plantadas	14.314.483	54,12	1.773.565	0,124
Soja	1.732.492	6,55	970.715,27	0,56
	Σ	74,66	3.103.092	
Prod. de calcário do Estado (t)			1.150.000	

^{1/} Porcentagem da área cultivada no Estado com bases na área total de estabelecimentos agropecuários do MS (IBGE, 2006); ^{2/} Recomendação de calcário para cada cultura estabelecida no MS em 2010;

^{3/} Média da necessidade de calagem para cada cultura estabelecida no MS.

As NCs médias estimadas para as culturas de cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja e pastagens são baixas, pois 43,97 % das amostras apresentaram $V > 60$ %, não sendo necessária a recomendação de calagem para grande parte destas culturas estabelecidas no Estado.

Por meio do diagnóstico da fertilidade dos solos obtido em 2001 no Rio Grande do Sul, foram observados que a NC média para o Estado é de 3,43 t/ha, embora mais de 70% das amostras apresentaram $V > 60$ % (Rheinheimer et al., 2001). Altas doses recomendadas de calcário para o RS ocorrem, pois a NC é calculada para elevar o pH em SMP para 6 e também seus solos são menos intemperizados o que aumenta o poder tampão quanto à acidez naqueles solos.

Provavelmente, a quantidade de calcário estimada (recomendada) para o MS esteja subestimada, pois a maior frequência de amostras enviadas ao laboratório representa uma condição de agricultura tecnificada, o que não ocorre em grandes extensões do Estado, ocupadas por pecuária extensiva, em que muitos produtores não gerenciam a fertilidade do solo de sua propriedade como também não utilizam corretivos e fertilizantes.

O MS importa grandes quantidades de calcário de outros Estados. No ano de 2007 foi importado do Paraná o equivalente a, aproximadamente, 52 % da produção do MS no mesmo ano (Abracal, 2010). Talvez políticas que incentivassem a utilização de calcário do próprio Estado fossem uma das alternativas para a geração de emprego como também da melhoria da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul, pois além da capacidade de produção do insumo estar abaixo do potencial das usinas, muitas reservas de calcário ainda não foram exploradas (Abracal, 2010).

4.3. Estimativa da quantidade de N que deveria ser utilizada e comparação entre a quantidade de N recomendada (estimada) com a quantidade comprada

Considerando as culturas cana-de-açúcar, eucalipto, milho e pastagens, a quantidade estimada (recomendada) de N para o MS, em 2010 seria de aproximadamente 942.790 t (Quadro 16), de acordo com o manual técnico Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999). Enquanto o utilizado (comprado) de N no Estado é de 104.679 t, o que representa uma subutilização deste nutriente na ordem de 9 vezes.

Quadro 16. Área das culturas estabelecidas e percentagem da área cultivada no MS, estimativa da recomendação de N para cada cultura estabelecida e média estimada da recomendação de N por ha no MS, em 2010

Cultura	Área		RN ^{2/}	Média da RN ^{3/}
	ha	% ^{1/}	t	kg/ha
Cana-de-açúcar (soca)	345.085	1,300	34.508,500	100,00
Cana-de-açúcar (planta)	54.323	0,002	0	0
Eucalipto	378.195	1,400	9.896,777	26,16
Milho	873.861	3,300	61.170,270	70,00
Pastagens Nativas	2.429.799	9,180	121.489,930	50,00
Pastagens Plantadas	14.314.483	54,120	715.724,170	50,00
	Σ	69,302	942.789	
Consumo de N do Estado (t)			104.679	

^{1/} Porcentagem da área cultivada no Estado com bases na área total de estabelecimentos agropecuários do MS (IBGE, 2006); ^{2/} Recomendação de N para cada cultura estabelecida no MS em 2010; ^{3/} Média da recomendação de N para cada cultura estabelecida no MS.

Essa subutilização provavelmente ocorreu devido às grandes extensões de pastagens plantadas, que não foram submetidas à fertilização por N. Como pode ser observado no quadro 16, mais de 75 % do total de N recomendado para o MS, em 2010, foi devido às grandes extensões de pastagens plantadas presentes no Estado.

A maior quantidade de fertilizantes é destinada à agricultura mais intensiva, especialmente o cultivo de soja. Como a soja é suprida com N oriundo da fixação biológica do N₂, a utilização de N nesta cultura não se faz necessária. Deste modo, o menor consumo de N, no MS, em relação as fontes de P₂O₅ e K₂O (que serão discutidos logo adiante), provavelmente ocorreu devido ao cultivo da soja que ocupa 1.732.429 ha. O menor consumo deste insumo também pode ser explicado pela sucessão de culturas soja-milho. O milho, geralmente cultivado no MS como safrinha, está mais suscetível ao déficit hídrico e às baixas temperaturas ocasionadas no período de fevereiro/março a

julho/agosto, o que implica no menor potencial produtivo desta cultura quando cultivada em safrinha (Broch & Ranno, 2010). Com isso, os produtores investem menos em fertilizantes no cultivo de milho em safrinha, principalmente nos nitrogenados, pois espera-se que o N residual deixado pelos restos culturais da soja contribua para a produção do milho em safrinha. Todavia, o N foi um dos nutrientes mais limitantes da produção agrícola do MS, em 2010.

4.4. Recomendações das quantidades de P_2O_5 e K_2O que deveriam ser utilizadas e comparações entre as quantidades de P_2O_5 e K_2O recomendadas (estimadas) com as quantidades compradas

A quantidade estimada (recomendada) de P_2O_5 foi de 500.236 t, utilizando-se para os cálculos de recomendação os boletins mencionados anteriormente (Quadros 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24). Entretanto, a quantidade de P_2O_5 consumida foi de 194.039 t (Quadro 24). Estima-se, de acordo com os resultados de análises e os manuais técnicos utilizados, que a subutilização deste fertilizante foi de 2,6 vezes para o MS, em 2010.

De acordo com os resultados observados no diagnóstico da fertilidade dos solos e as altas quantidades recomendadas (estimadas) de P_2O_5 para o Mato Grosso do Sul, pode-se constatar que o P foi um dos atributos mais limitantes para o desenvolvimento agrícola do Estado, em 2010 (Quadro 24). Entretanto, pode-se observar que 45,78 % do total de P_2O_5 recomendado foi destinado às áreas de pastagens plantadas (Quadro 24). Apesar de as pastagens apresentarem as menores médias de recomendação de P_2O_5 , as extensas áreas ocupadas por esta cultura e a baixa utilização deste insumo em pastagens, provavelmente podem justificar a subutilização deste insumo no Estado.

Normalmente a utilização de P_2O_5 , em maiores doses, restringe-se às áreas sob agricultura mais intensiva, como no cultivo de soja, cana-de-açúcar, milho e eucalipto, uma vez que estas culturas são mais exigentes em P quando comparadas às pastagens. Por isso, as maiores médias de recomendação de P_2O_5 foram para cana-de-açúcar, soja, eucalipto e milho (Quadro 24). Provavelmente os maiores teores de P nos solos do MS são observados nas áreas submetidas ao cultivo destas culturas.

Quadro 17 A. Recomendação de P_2O_5 para milho no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos arenosos (0 a 150 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (1999)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 6	0,0432642	873.861	37.806,94	60	2.268,416
Baixa	6,1-12	0,0064767	873.861	5.659,722	30	169,7916
Média	12,1-18	0,0024611	873.861	2.150,694	15	32,26041
Adequada	18,1-25	0,0014249	873.861	1.245,139	0	0
Alta	>25	0,0027202	873.861	2.377,083	0	0
REMS P_2O_5						2.470,468

FR: Frequência relativa; AC: área cultivada; AR: Área recomendada para fertilização com P_2O_5 ; DRC: Dose recomendada para cada classe de disponibilidade; RFC: Recomendação de P_2O_5 para cada classe de disponibilidade e REMS: Recomendação estimada de P_2O_5 para a cultura do milho cultivada em solos arenosos do MS, em 2010.

Quadro 17 B. Recomendação de P_2O_5 para milho no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos de textura média (151 a 350 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 5	0,0920984	873.861	80.481,24	100	8.048,124
Baixa	5,01-10	0,0522021	873.861	45.617,36	50	2.280,868
Média	10,01-15	0,0361399	873.861	31.581,25	25	789,531
Adequada	15,01-20	0,0273316	873.861	23.884,02	0	0
Alta	>20	0,0766839	873.861	67.011,1	0	0
REMS P_2O_5						11.118,522

Quadro 17 C. Recomendação de P_2O_5 para milho no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos argilosos (351 a 600 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 3	0,0770725	873.861	67.350,69	200	13.470,137
Baixa	3,01-5	0,0639896	873.861	55.918,05	100	5.591,805
Média	5,01-8	0,0875648	873.861	76.519,43	50	3.825,972
Adequada	8,01-12	0,1033679	873.861	90.329,16	0	0
Alta	>12	0,3272021	873.861	285.929,1	0	0
REMS P_2O_5						22.887,914

$$REMS_4 = 2.470,468 + 11.118,522 + 22.887,914 = 36.476,904\ t\ de\ P_2O_5$$

Quadro 18 A. Recomendação de P_2O_5 para soja no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos arenosos (0 a 150 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 6	0,0432642	1.732.492	74.954,96	120	8.994,596
Baixa	6,1-12	0,0064767	1.732.492	11.220,8	90	1.009,872
Média	12,1-18	0,0024611	1.732.492	4.263,905	75	319,794
Adequada	18,1-25	0,0014249	1.732.492	2.468,577	60	148,115
Alta	>25	0,0027202	1.732.492	4.712,737	30	141,382
					REMS P_2O_5	10.613,758

Quadro 18 B. Recomendação de P_2O_5 para soja no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos de textura média (151 a 350 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 5	0,0920984	1.732.492	159.559,8	160	25.529,571
Baixa	5,1-10	0,0522021	1.732.492	90.439,67	110	9.948,364
Média	10,1-15	0,0361399	1.732.492	62.612,08	85	5.322,027
Adequada	15,1-20	0,0273316	1.732.492	47.351,79	60	2.841,107
Alta	>20	0,0766839	1.732.492	132.854,3	30	3.985,629
					REMS P_2O_5	47.626,699

Quadro 18 C. Recomendação de P_2O_5 para soja no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos argilosos (351 a 600 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 3	0,0770725	1.732.492	133.527,56	260	34.717,165
Baixa	3,1-5	0,0639896	1.732.492	110.861,53	160	17.737,846
Média	5,1-8	0,0875648	1.732.492	151.705,26	110	16.687,578
Adequada	8,1-12	0,1033679	1.732.492	179.084,02	60	10.745,041
Alta	>12	0,3272021	1.732.492	566.874,97	30	17.006,249
					REMS P_2O_5	96.893,879

$$REMS_5 = 10.613,758 + 47.626,699 + 96.893,879 = 155.134,336\ t\ de\ P_2O_5$$

Quadro 19 A. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar planta no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos arenosos (0 a 150 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 6	0,0432642	54.323	2.350,244	200	470,049
Baixa	6,1-12	0,0064767	54.323	351,8329	170	59,812
Média	12,1-18	0,0024611	54.323	133,6965	155	20,723
Adequada	18,1-25	0,0014249	54.323	77,40324	140	10,836
Alta	>25	0,0027202	54.323	147,7698	70	10,344
REMS P_2O_5						571,764

Quadro 19 B. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar planta no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos de textura média (151 a 350 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 5	0,0920984	54.323	5.003,064	240	1.200,735
Baixa	5,1-10	0,0522021	54.323	2.835,773	190	538,797
Média	10,1-15	0,0361399	54.323	1.963,228	165	323,933
Adequada	15,1-20	0,0273316	54.323	1.484,735	140	207,863
Alta	>20	0,0766839	54.323	4.165,702	70	291,599
REMS P_2O_5						2.562,927

Quadro 19 C. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar planta no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos argilosos (351 a 60 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 3	0,0770725	54.323	4.186,812	340	1423,516
Baixa	3,1-5	0,0639896	54.323	3.476,109	240	834,266
Média	5,1-8	0,0875648	54.323	4.756,781	190	903,788
Adequada	8,1-12	0,1033679	54.323	5.615,253	140	786,135
Alta	>12	0,3272021	54.323	17.774,6	70	1244,222
REMS P_2O_5						5.191,928

$$REMS_6 = 571,764 + 2.562,927 + 5.191,928 = 8.326,619\ t\ de\ P_2O_5$$

Quadro 20 A. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar soca no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos arenosos (0 a 150 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M.Baixa	≤ 6	0,0432642	345.085	14.929,84	100	1.492,984
Baixa	6,1-12	0,0064767	345.085	2.235,006	70	156,450
Média	12,1-18	0,0024611	345.085	849,3025	55	46,712
Adequada	18,1-25	0,0014249	345.085	491,7014	40	19,668
Alta	>25	0,0027202	345.085	938,7027	20	18,774
REMS P_2O_5						1.696,146

Quadro 20 B. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar soca no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos de textura média (151 a 350 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M.Baixa	≤ 5	0,0920984	345.085	31.781,79	140	4.449,451
Baixa	5,1-10	0,0522021	345.085	18.014,15	90	1.621,274
Média	10,1-15	0,0361399	345.085	12.471,34	65	810,637
Adequada	15,1-20	0,0273316	345.085	9.431,727	40	377,269
Alta	>20	0,0766839	345.085	26.462,48	20	529,249
REMS P_2O_5						6.881,361

Quadro 20 C. Recomendação de P_2O_5 para cana-de-açúcar soca no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (1987a), considerando solos argilosos (351 a 600 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas ($mg\ dm^{-3}$)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC ($kg\ ha^{-1}$)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 3	0,0770725	345.085	26.596,58	240	6.383,178
Baixa	3,1-5	0,0639896	345.085	22.081,86	140	3.091,461
Média	5,1-8	0,0875648	345.085	30.217,29	90	2.719,556
Adequada	8,1-12	0,1033679	345.085	3.5670,7	40	1.426,828
Alta	>12	0,3272021	345.085	112.912,5	20	2.258,250
REMS P_2O_5						12.194,195

$$REMS_7 = 1.696,146 + 6.881,361 + 12.194,195 = 20.771,702\ t\ de\ P_2O_5$$

Quadro 21 A. Recomendação de P_2O_5 para eucalipto no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Alvarez V. et al. (1999), considerando solos arenosos (0 a 150 g.kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Barros & Novais (1999)

Classes	Faixas (mgdm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
Baixo	3,2	0,037435	378.195	1.4157,82	174	2.463,460
Médio	3,3-6,4	0,006477	378.195	2.449,449	102	249,8438
Bom	>6,4	0,012435	378.195	4.702,943	30	141,0883
REMS P_2O_5						2.854,392

Quadro 21 B. Recomendação de P_2O_5 para eucalipto no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Alvarez V. et al. (1999), considerando solos de textura média (151 a 350 g.kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Barros & Novais (1999)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
Baixo	≤3,2	0,070725	378.195	26.747,99	181,5	4.854,760
Médio	3,3-6,4	0,03601	378.195	13.618,94	109,5	1.491,274
Bom	>6,4	0,17772	378.195	67.212,89	37,5	2.520,484
REMS P_2O_5						8.866,517

Quadro 21 C. Recomendação de P_2O_5 para eucalipto no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Alvarez V. et al. (1999), considerando solos argilosos (350 a 600 g.kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe foram recomendadas por Barros & Novais (1999)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
Baixo	≤2,2	0,049223	378.195	18615,82	189	3.518,389
Médio	2,3-4,4	0,074093	378.195	28021,7	117	3.278,539
Bom	>4,4	0,535881	378.195	202667,5	45	9.120,035
REMS P_2O_5						15.916,964
REMS₃ = 2.854,392 + 8.866,517 + 15.916,964 = 27.637,873 t de P_2O_5						

Quadro 22 A. Recomendação de P_2O_5 para pastagens plantadas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos arenosos (0 a 150 g.kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe foram também recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤4	0,040285	14.314.483	576.658,6	50	28.832,930
Baixa	4,1-7	0,004534	14.314.483	64.897,27	25	1.622,432
Média	7,1-11	0,004275	14.314.483	61.188,85	15	917,8328
Adequada	>11	0,007254	14.314.483	103.835,6	0	0
					REMS P_2O_5	31.373,194

Quadro 22 B. Recomendação de P_2O_5 para pastagens plantadas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos de textura média (150 a 350 g kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe também foram recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤3	0,067487	14.314.483	966.042,2	70	67.622,955
Baixa	3,1-6	0,034845	14.314.483	498.781,9	35	17.457,365
Média	6,1-9	0,031995	14.314.483	457.989,3	20	9.159,786
Adequada	>9	0,15013	14.314.483	2.149.027	0	0
					REMS P_2O_5	94.240,106

Quadro 22C. Recomendação de P_2O_5 para pastagens plantadas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos de textura média (350 a 600 g kg⁻¹), e as doses recomendadas para cada classe também foram recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤1,5	0,026943	14.314.483	385.675,2	100	38.567,520
Baixa	1,6-3,5	0,067098	14.314.483	960.479,6	50	48.023,9793
Média	3,6-5	0,047021	14.314.483	673.077,4	25	16.826,9348
Adequada	>5	0,518135	14.314.483	7.416.831	0	0
					REMS P_2O_5	103.418,434

$$REMS_1 = 31.373,194 + 94.240,106 + 103.418,434 = 229.031,7 \text{ t de } P_2O_5$$

Quadro 23 A. Recomendação de P_2O_5 para pastagens nativas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos arenosos (0 a 150 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe também foram recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm^{-3})	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha^{-1})	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 3	0,036528	2.429.799	88.756,89	40	3.550,276
Baixa	3,1-6	0,006736	2.429.799	16.366,52	20	327,3304
Média	6,1-9	0,004663	2.429.799	11.330,67	10	113,3067
Adequada	>9	0,00842	2.429.799	20.458,15	0	0
					REMS P_2O_5	3.990,913

Quadro 23 B. Recomendação de P_2O_5 para pastagens nativas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos de textura média (150 a 350 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe também foram recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm^{-3})	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha^{-1})	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	$\leq 2,5$	0,058031	2.429.799	141.003,9	50	7.050,193
Baixa	2,6-5	0,034067	2.429.799	82.776,82	25	2.069,420
Média	5,1-7	0,020596	2.429.799	50.043,78	15	750,6567
Adequada	>7	0,171762	2.429.799	417.346,2	0	0
					REMS P_2O_5	9.870,270

Quadro 23 C. Recomendação de P_2O_5 para pastagens nativas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de P (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa et al. (2007), considerando solos argilosos (350 a 600 g kg^{-1}), e as doses recomendadas para cada classe também foram recomendadas por Sousa et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm^{-3})	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha^{-1})	RFC P_2O_5 (t)
M. Baixa	≤ 1	0,007383	2.429.799	17.940,22	80	1.435,218
Baixa	1,1-2,5	0,051554	2.429.799	125.266,8	40	5.010,673
Média	2,6-4	0,052461	2.429.799	127.470	20	2.549,400
Adequada	>4	0,547798	2.429.799	1.331.039	0	0
					REMS P_2O_5	8.995,291

$$REMS_2 = 3.990,913 + 9.870,270 + 8.995,291 = 22.856,474 \text{ t de } P_2O_5$$

Para todas as culturas
 $229.031,7 + 22.856,474 + 27.637,873 + 36.476,904 + 155.134,336 + 8.326,619 + 20.771,702 =$
 $500.235,608 \text{ t de } P_2O$

Quadro 24. Área das culturas estabelecidas e percentagem da área cultivada no MS, estimativa do que deveria ser utilizado de P_2O_5 para cada cultura estabelecida e média estimada da recomendação de P_2O_5 por ha no MS, em 2010

Cultura	Área		$RP_2O_5^{2/}$	Média da $RP_2O_5^{3/}$
	ha	% ^{1/}	t	kg/ha
Cana-de-açúcar (soca)	345.085	1,3	20.771,702	60,19
Cana-de-açúcar (planta)	54.323	0,002	8.326,619	153,27
Eucalipto	378.195	1,4	27.637,873	73,08
Milho	873.861	3,300	36.476,904	41,74
Pastagens Nativas	2.429.799	9,180	22.856,474	9,41
Pastagens Plantadas	14.314.483	54,120	229.031,70	16,00
Soja	1.732.492	6,550	155.134,34	89,54
	Σ	75,852	500.236	
Consumo de P_2O_5 do Estado (t)			194.039	

^{1/} Porcentagem da área cultivada no Estado com bases na área total de estabelecimentos agropecuários do MS (IBGE, 2006); ^{2/} Recomendação de P_2O_5 para cada cultura estabelecida no MS em 2010;

^{3/} Média da recomendação de P_2O_5 para cada cultura estabelecida no MS.

A estimativa da recomendação de K_2O foi de 210.321,05 t (Quadros 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32). Logo, a quantidade consumida de K_2O no Estado foi de 211.013 t (Seprotur - MS, 2010). A quantidade de K_2O recomendada para o Estado foi muito próxima à utilizada. Isto se deve à alta frequência de amostras com teores de K acima dos níveis críticos para a maioria das culturas envolvidas nos cálculos de recomendação deste fertilizante.

Quadro 25 A. Recomendação de K_2O para pastagens plantadas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Vilela et al. (2007), considerando solos $T \leq 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Vilela et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm^{-3})	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha^{-1})	RFC K_2O (t)
Baixa	≤ 15	0	14.314.483	0	50	0
Média	15,1-40	0,036655	14.314.483	524.692	30	15.740,759
Adequada	> 40	0,019747	14.314.483	282.668,6	0	0
					REMS K_2O	15.740,759

FR: Frequência relativa; AC: Área cultivada; AR: Área recomendada para fertilização com K_2O ; DRC: Dose recomendada para cada classe de disponibilidade; RFC: Recomendação de K_2O para cada classe de disponibilidade e REMS: Recomendação estimada de K_2O para a cultura do milho cultivada em solos com $T \leq 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no MS, em 2010.

Quadro 25 B. Recomendação de K₂O para pastagens plantadas no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Vilela et al. (2007), considerando solos T > 4 cmol_c dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Vilela et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521	14.314.483	293.753,6	50	14.687,680
Média	25,1-50	0,078472	14.314.483	1.123.284	30	33.698,526
Adequada	>50	0,844605	14.314.483	12.090.085	0	0
		0,943598	14.314.483	13.507.123	REMS K₂O	48.386,206

$$\text{REMS}_1 = 15.740,759 + 48.386,206 = 64.126,965 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 26 A. Recomendação de K₂O para pastagens naturais no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Vilela et al. (2007), considerando solos T ≤ 4 cmol_c dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Vilela et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg.ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤15	0	2.429.799	0	50	0
Média	15,1-40	0,036655	2.429.799	89.063,35	30	2.671,9
Adequada	>40	0,019747	2.429.799	47.981,31	0	0
					REMS K₂O	2.671,9

Quadro 26 B. Recomendação de K₂O para pastagens naturais no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Vilela et al. (2007), considerando solos T > 4 cmol_c dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Vilela et al. (2007)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521	2.429.799	49.862,93	50	2.493,146
Média	25,1-50	0,078472	2.429.799	19.0670,8	30	5.720,125
Adequada	>50	0,844605	2.429.799	2.052.220	0	0
					REMS K₂O	8.213,271

$$\text{REMS}_2 = 2.671,9 + 8.213,271 = 10.885,171 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 27. Recomendação de K₂O para eucalipto no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Barros e Novais (1999), e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Barros e Novais (1999)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Abaixo do NC*	≤75	0,280072	378.195	105.921,9	49,7754	5.272,307
Acima do NC	>75	0,719928	378.195	272.273,1	0	0
					REMS K₂O	5.272,307

NC*: Nível Crítico

$$\text{REMS}_3 = 5.272,307 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 28 A. Recomendação de K₂O para milho no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T ≤ 4cmol_cdm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤15	0	873.861	0	50	0
Média	15,1-30	0,026329375	873.861	23.008,214	25	575,2054
Adequada	30,1-40	0,010325245	873.861	9.022,829	0	0
Alta	>40	0,019747031	873.861	17.256,161	0	0
					REMS K₂O	575,2054

Quadro 28 B. Recomendação de K₂O para milho no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T > 4 cmol_cdm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg.ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521425	873.861	17.932,873	100	1.793,287
Média	25,1-50	0,078471864	873.861	68.573,501	50	3.428,675
Adequada	50,1-80	0,151522974	873.861	132.410,02	0	0
Alta	>80	0,693082086	873.861	605.657,4	0	0
					REMS K₂O	5.221,962

$$\text{REMS}_4 = 575,2054 + 5.221,962 = 5.797,1674 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 29 A. Recomendação de K₂O para soja no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T ≤ 4 cmol_c.dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe foram também recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤15	0	1.732.492	0	110	0
Média	15,1-30	0,026329375	1.732.492	4.5615,43	85	3.877,312
Adequada	30,1-40	0,010325245	1.732.492	17.888,4	60	1.073,304
Alta	>40	0,019747031	1.732.492	34.211,57	40	1.368,463
					REMS K₂O	6.319,079

Quadro 29 B. Recomendação de K₂O para soja no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T > 4 cmol_c.dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg.dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg.ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521425	1.732.492	35.553,2	160	5.688,513
Média	25,1-50	0,078471864	1.732.492	135.951,9	110	14.954,706
Adequada	50,1-80	0,151522974	1.732.492	262.512,3	60	15.750,740
Alta	>80	0,693082086	1.732.492	1.200.759	40	48.030,367
					REMS K₂O	84.424,326

$$\text{REMS}_5 = 6.319,079 + 84.424,326 = 90.743,405 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 30 A. Recomendação de K₂O para cana-de-açúcar planta no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T ≤ 4 cmol_c.dm⁻³, e as doses de recomendação para cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤15	0	54.323	0	170	0
Média	15,1-30	0,026329375	54.323	1.430,291	145	207,392
Adequada	30,1-40	0,010325245	54.323	560,8983	120	67,308
Alta	>40	0,019747031	54.323	1.072,718	60	64,363
					REMS K₂O	339,063

Quadro 30 B. Recomendação de K₂O para cana-de-açúcar planta no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T > 4 cmol_c.dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato(2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521425	54.323	1.114,785	220	245,253
Média	25,1-50	0,078471864	54.323	4.262,827	170	724,681
Adequada	50,1-80	0,151522974	54.323	8.231,182	120	987,742
Alta	>80	0,693082086	54.323	37.650,3	60	2.259,018
REMS K₂O						4.216,693

$$\text{REMS}_6 = 339,063 + 4.216,693 = 4.555,756 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 31 A. Recomendação de K₂O para cana-de-açúcar soca no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T ≤ 4 cmol_c.dm⁻³, e as doses de recomendação para cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤15	0	345.085	0	170	0
Média	15,1-30	0,026329375	345.085	9.085,872	145	1.317,452
Adequada	30,1-40	0,010325245	345.085	3.563,087	120	427,5705
Alta	>40	0,019747031	345.085	6.814,404	60	408,8643
REMS K₂O						2.153,886

Quadro 31 B. Recomendação de K₂O para cana-de-açúcar soca no Estado do Mato Grosso do Sul em 2010, cujas classes de disponibilidade de K (Mehlich-1) foram interpretadas por Sousa & Lobato (1996), considerando solos T > 4 cmol_c dm⁻³, e as doses de recomendação de cada classe também foram recomendadas por Sousa & Lobato (2004)

Classes	Faixas (mg dm ⁻³)	FR	AC (ha)	AR (ha)	DRC (kg ha ⁻¹)	RFC K ₂ O (t)
Baixa	≤25	0,020521425	345.085	7.081,636	220	1.557,960
Média	25,1-50	0,078471864	345.085	27.079,46	170	4.603,509
Adequada	50,1-80	0,151522974	345.085	52.288,31	120	6.274,597
Alta	>80	0,693082086	345.085	239.172,2	60	14.350,334
Total					REMS K₂O	26.786,399

$$\text{REMS}_7 = 2.153,886 + 26.786,399 = 28.940,285 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Para todas as culturas

$$64.126,965 + 10.885,171 + 5.272,307 + 5.797,1674 + 90.743,405 + 4.555,756 + 28.940,285 = 210.321,0564 \text{ t de K}_2\text{O}$$

Quadro 32. Área das culturas estabelecidas e percentagem da área cultivada no MS, estimativa do que deveria ser utilizado de K₂O para cada cultura estabelecida e média estimada da recomendação de K₂O por ha no MS, em 2010

Cultura	Área		RK ₂ O ^{2/}	Média de RK ₂ O ^{3/}
	ha	% ^{1/}	t	kg/ha
Cana-de-açúcar (soca)	345.085	1,300	28.940,285	83,39
Cana-de-açúcar (planta)	54.323	0,002	4.555,756	83,86
Eucalipto	378.195	1,400	5.272,307	13,94
Milho	873.861	3,300	5.797,1647	6,63
Pastagens Nativas	2.429.799	9,180	10.885,171	4,48
Pastagens Plantadas	14.314.483	54,120	64.126,965	4,48
Soja	1.732.492	6,550	90.743,405	52,38
	Σ	75,852	210.321	
Consumo de K ₂ O do Estado			211.013	

^{1/} Porcentagem da área cultivada no Estado com bases na área total de estabelecimentos agropecuários do MS (IBGE, 2006); ^{2/} Recomendação de K₂O para cada cultura estabelecida no MS em 2010;

^{3/} Média da recomendação de K₂O para cada cultura estabelecida no MS.

Sucedeu-se a maior quantidade estimada de P₂O₅ em detrimento a K₂O, devido ao maior número de amostras com teores de K (Mehlich-1) acima dos níveis críticos em relação ao P (Mehlich-1) nos solos analisados. Devido aos maiores teores de óxidos de ferro e alumínio presentes em solos do Cerrado, esperar-se-ia maior consumo de P₂O₅ em relação à K₂O. Entretanto, as quantidades utilizadas no Estado destas fontes foram próximas. Provavelmente, a desconsideração dos resultados das análises de solos como critério das doses de fertilizantes a serem aplicadas, por parte de muitos produtores, pode ter corroborado para estas discrepâncias. Essa tendência foi observada por Lima (2004) e por Santos (2006) no cultivo de soja nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, respectivamente.

Outra hipótese que poderia justificar a relação (próxima a 1) entre as quantidades de K₂O e P₂O₅ consumidas no Estado, seria a alta utilização de fórmulas com mesma concentração de P₂O₅ e K₂O como 0:20:20 ou 02:20:20, muito aplicadas pelos produtores na cultura da soja, conforme relatado por agrônomos daquele Estado.

Provavelmente, a maior parte dos adubos comercializados no MS, em 2010, foram destinados ao cultivo da soja. Pois essa cultura ocupa uma extensa área do Estado e também possui alta exigência nutricional por P e K, que pode ser refletida nas médias das doses recomendadas de P₂O₅ e K₂O (Quadros 24 e 33).

4.5. Relações Entre Atributos dos Solos do Mato Grosso do Sul

4.5.1. Relação entre P Mehlich-1 e P-Resina

Foi observado no gráfico de dispersão, duas linhas de tendências entre as amostras analisadas pela extração de P com Mehlich-1 e resina trocadora de íons (Figura 2).

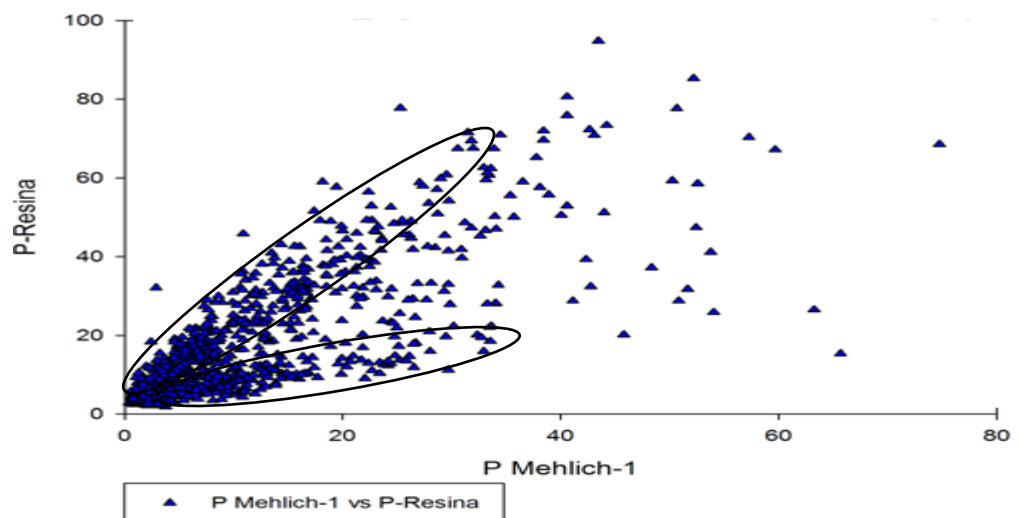


Figura 2. Gráfico de dispersão dos teores de P extraído com Mehlich-1 e pela resina trocadora de íons para solos do Estado do Mato Grosso do Sul.

Com as duas subdivisões de amostras em classes texturais (argila ≤ 350 g/kg e argila > 350 g/kg), as linhas de tendências foram nítidas, com altas correlações e coeficientes de determinação entre P extraído com Mehlich-1 e resina trocadora de íons (Figura 3). Estas linhas de tendências ocorreram devido ao desgaste do extrator Mehlich-1 em solos argilosos e muito argilosos, pois esses solos possuem maior capacidade tampão, portanto o pH do extrator que inicialmente apresenta-se próximo de 1,2 logo é aumentado para valores correspondentes aos destes solos. O SO_4^{-2} , que atua por troca com o ânion H_2PO_4^- adsorvido, é também prontamente adsorvido aos sítios não ocupados pelos fosfatos. Deste modo, solos argilosos e muito argilosos, geralmente, apresentam menores teores de P extraído com Mehlich-1 quando comparado aos solos arenosos e de textura média (Novais & Kamprath, 1979; Muniz et al., 1987).

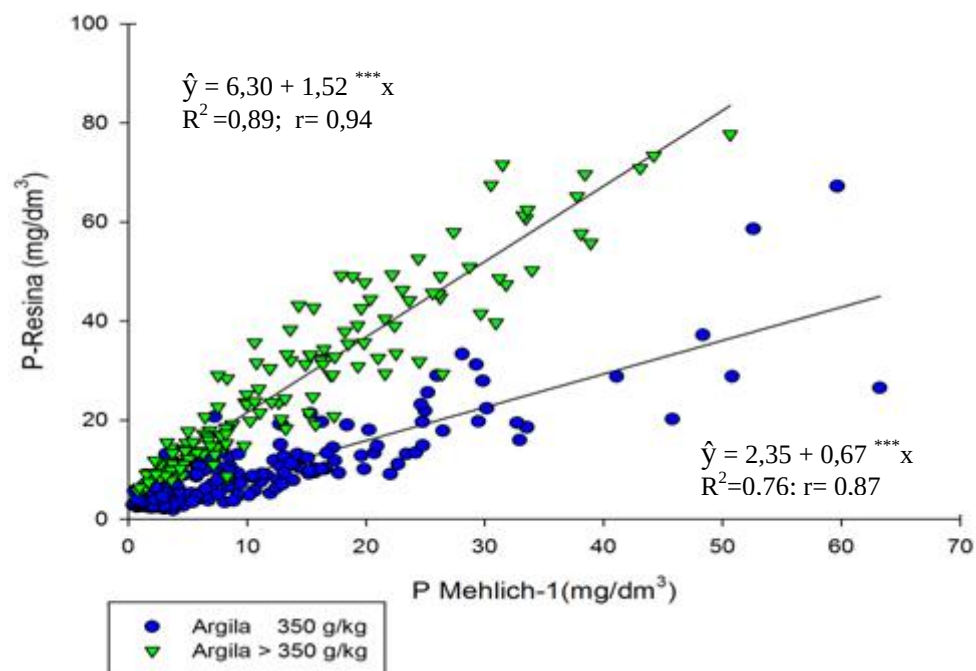


Figura 3. Correlações entre P extraído com Mehlich-1 e resina trocadora de íons subdivididas nas classes texturais, argila ≤ 350 g/kg e argila > 350 g/kg, para solos do Estado do Mato Grosso do Sul.

*** altamente significativo a 0,1 % pelo teste de t

Estas correlações podem ser úteis para a estimativa de P-Resina por meio de análises granulométricas e de P Mehlich-1, especialmente para produtores que analisam seus solos em algum laboratório da região que não utilize o método do P extraído com resina trocadora de íons.

Entretanto, o ideal seria encaminhar amostras de solo para análise, e não estimar o teor de P por resina, pois estimativas estão sujeitas a maiores erros do que as análises. A utilização dos fosfatos naturais na fertilização dos solos torna recomendável a recomendação de análises de P com extração por resina, pois o Mehlich-1 é composto por dois ácidos fortes que contribuem com a dissolução da apatita (Novelino et al., 1985).

4.5.2. Relação entre pH CaCl₂ e Saturação por Bases

A saturação por bases possui forte correlação com pH. Quaggio (1983) concluiu que a determinação de pH obtida com CaCl₂ 0,01 mol/L torna a correlação mais estreita, pois esta solução minimiza os efeitos de outros sais presentes nos solos deixando todas as amostras com a mesma concentração salina.

Devido à alta correlação entre os atributos mencionados anteriormente o Instituto Agrônomo de Campinas desde 1983 passou a recomendar calcário, no Estado de São Paulo, baseado nas correlações entre pH e saturações de bases, apresentadas inicialmente por Catani e Gallo (1955) e reformulada por Quaggio et al (1983). A relação entre pH CaCl₂ 0,01 mol/L e saturação por bases obtido no Estado de São Paulo gerou a seguinte fórmula $\hat{y} = 3,66 + 0,027 x$; $r = 0,97$.

A relação entre pH CaCl₂ e saturações de bases para os solos do Mato Grosso do Sul também demonstrou alta correlação, conforme o esperado (Figura 4). Ambas as fórmulas apresentaram valores de intercepto e coeficiente angular muito próximos. Entretanto, o maior número de observações (amostras), provavelmente, indicou a maior diversidade de solos (quanto à fertilidade, classificação, textura e etc.) amostrados no Mato Grosso do Sul comparado ao obtido em São Paulo. Deste modo, a correlação de pH CaCl₂ e saturação por bases no MS foi menor do que a alcançada para o Estado de São Paulo.

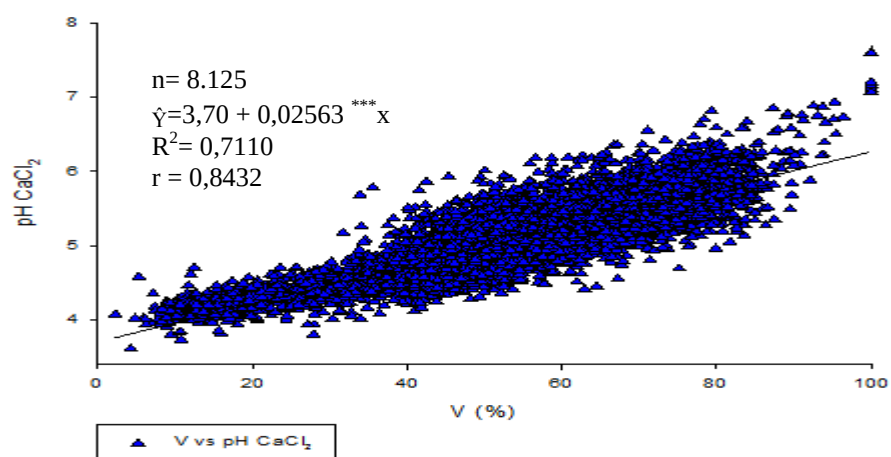


Figura 4. Relação entre pH CaCl₂ e saturações por bases nos solos do Estado do Mato Grosso do Sul.

*** altamente significativo a 0,1 % pelo teste de t

4.5.3. Relação entre Matéria Orgânica e CTC em pH 7 (T)

Foi observada alta correlação positiva e elevado coeficiente de determinação entre os atributos matéria orgânica e CTC em pH 7 (T) (Figura 5). Esta relação se sucedeu, pois a matéria orgânica, principalmente em solos mais intemperizados com altos teores de gibbsita, hematita e goethita, é a principal fonte do complexo de troca catiônica, devido ao menor pH no ponto de carga zero deste atributo, enquanto os óxidos de ferro e alumínio mostram pontos de carga zero em torno de pH 7 a 9 (Dick et al., 2009).

Portanto, esta relação demonstra a importância da matéria orgânica (MO) para os solos do Estado (Figura 5). Políticas, como à agricultura de baixo carbono (ABC), que incentivam a melhoria da fertilidade dos solos, principalmente em áreas de pastagem, podem levar ao aumento da MO. Isso leva ao sequestro de carbono, que eleva a CTC, a qual melhora a fertilidade dos solos...(ciclo construtivo).

As relações entre os atributos dos solos obtidas neste trabalho (Figuras 3,4 e 5) podem ser úteis como funções de pedotransferência, devido às altas correlações e coeficientes de determinação apresentados.

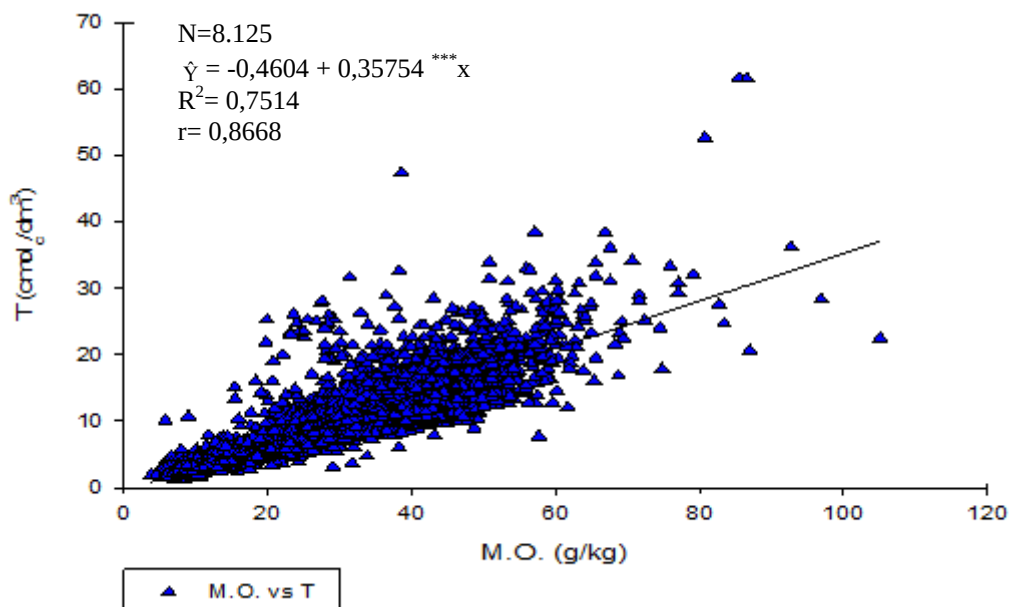


Figura 5. Relação entre MO e T nos solos do Estado do Mato Grosso do Sul.
*** altamente significativo a 0,1 % pelo teste de t

5. CONCLUSÕES

Quanto ao diagnóstico da fertilidade, observou-se que 21,74 % das amostras têm pH em CaCl_2 menor ou igual a 4,8; 82,18 % das amostras apresentam teor de Al^{3+} menor ou igual a $0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; 7,35 % das amostras têm saturação por bases menor ou igual a 35 %; 46,16 % das amostras apresentaram teor de P abaixo do nível crítico para culturas anuais; 12,53 % das amostras estão com teor de K abaixo dos níveis críticos para culturas anuais; 10,72 % das amostras de apresentaram teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ abaixo do nível crítico para culturas anuais.

A produção de calcário no MS foi insuficiente para o consumo do Estado, em 2010.

O N é o nutriente utilizado em menor quantidade em relação as recomendações, seguido do P.

As quantidades de K_2O utilizadas no MS, em 2010, foram próximas às recomendadas.

As relações obtidas, na forma de equações, entre atributos do solo são úteis para embasar funções de pedotransferência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos relacionados ao diagnóstico da fertilidade dos solos para os Estados brasileiros, em diferentes períodos, devem ser incentivados. Para que em um futuro próximo, todo o Brasil tenha este diagnóstico (como nos Estados Unidos), que será uma importante ferramenta para nortear políticas públicas agrícolas do país.

Este foi o primeiro trabalho relacionado ao diagnóstico da fertilidade dos solos do Mato Grosso do Sul, a continuidade do diagnóstico realizado para este Estado seria muito útil, pois possibilitaria a obtenção das tendências, em diferentes períodos, da fertilidade dos solos para o Estado.

Entretanto, o histórico do manejo de fertilizantes das propriedades amostradas, a profundidade das amostras, a área e a cultura referente a cada amostra, deveriam ser informações disponibilizadas com maior frequência pelos produtores para os laboratórios, pois muito contribuiriam para estes trabalhos.

Por meio deste trabalho, observou-se que o uso de fertilizantes fosfatados e nitrogenados foram muito abaixo do recomendado para o Estado, enquanto o uso de adubo potássico foi próximo ao indicado para o MS, em 2010.

7.LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. e NOVAIS, R.F.; BARROS N.F. de; CANTARUTTI R.B. & LOPES A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.25-42.
- ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.43-60.
- ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS C.A.; FREIRE F.M.; PITTA G.V.E.; FRANÇA G.E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J.M.; VIEIRA, J.R. & LOUREIRO, J.E. Milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.314-316.
- ANDRADE, L.R.M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO E., eds. Cerrado - Correção do Solo e Adubação. 2.ed. Palatina-DF, EMBRAPA-Cerrados, 2004. p.317-366.
- ANON. Nutrient balance in regional farming systems and soil nutrient status. National Land and Water Resources Audit, Final Report, September 2001. Natural Heritage Trust, Australia, 2001. <http://www.anra.gov.au/topics/land/pubs/landuse/nutrient-balance.pdf>. Acessado em 5 maio 2012.
- ABRACAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE CALCÁRIO. Disponível em: <www.abracal.com.br/arquivo/19> Acesso em 5 de Junho de 2012.
- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf> > Acesso em 20 de agosto de 2011.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.9-26.
- BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V.V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 332-341p.

- BOUYOUCOS, G.J. The hydrometer as a new method for mechanical analysis of soils. *Soil Science*, 23: 343–352, 1927.
- BROCH, D.L. & RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho “safrinha”. In: Fundação MS, Tecnologia de produção milho safrinha e culturas de inverno 2010, 6.ed. Maracaju, 2010. 23-28 p.
- BUDIMAN, M.; McBRATNEY, A.B.; MENDONÇA-SANTOS, M.L. & SANTOS, H.G. Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do solo. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003. 50p. (Documento 45)
- CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS - CAGED. Disponível em: < <http://www.mte.gov.br/rais/2010/ms.pdf> > Acesso em 25 de Agosto de 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2> > Acesso em 26 de agosto de 2011.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H. & OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.332-341.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBSC - Núcleo Regional Sul/Embrapa/CNPT, 1994. 224p.
- CLARKSON, D.T. Interactions between aluminum and phosphorus on root surfaces cell wall material. *Plant Soil*, 27:347-355, 1967.
- DICK, D.P.; NOVOTNY E.H.; DIECKMANN, J. & BAYER, C. Química da Matéria Orgânica do Solo. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e Mineralogia do Solo. Parte II. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBSC, 2009. p.1-72.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologia de produção de soja: Região Central do Brasil 2007. Londrina, 2006. 225p. (Sistemas de Produção, 11)
- FIXEN, P.E.; BRUULSEMA, T.W.; JENSEN T. L.; MIKKELSEN, R.; MURRELL, T.S.; PHILLIPS S.B.; RUND Q. & STEWART, W.M. The Fertility of North American Soils, 2010. *Better Crops*, 94:6-8, 2010.
- GEHLEN, M.A. O agronegócio. In: SILVA JÚNIOR, A.; MASCARENHAS, A. & GEHLEN, M.A. eds. Agroalimento, o Anuário da Produção Agrícola e Pecuária de Mato Grosso do Sul. Campo Grande-MS, Federação de Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul - FAMASUL, 2010. p.12-19.

- GONÇALVES, A.O.; PEREIRA N. R. & COSTA L.L. Caracterização climática e aptidão das culturas anuais e perenes no zoneamento pedoclimático do Estado do Mato Grosso do Sul – 1ª fase. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 54p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 99)
- HARRINGTON, J.F. & SORENSON, B.W. O desenvolvimento das terras de Cerrado no Brasil – A experiência do IRI. 1.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 2004. 63p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm> > Acesso em 9 de julho de 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169> Acesso em 10 de julho de 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA01&t=lavoura-temporaria-area-plantada> > Acesso em 15 de agosto de 2011 c.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA3&t=lavoura-temporaria-quantidade-produzida> > Acesso em 12 de julho de 2011 b.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: < <http://sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=1&i=P&c=1092> > Acesso em 11 de julho de 2011 a.
- KAMPRATH, E.J. Soil acidity and response to liming. Raleigh, North Carolina State University, 1967. (Agricultural Experimental Station Technical Bulletin, 4)
- KORNDORFER, G.H.; RIBEIRO A.C. & ANDRADE, L.A.B. Cana-de-açúcar. In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V.V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5.ed. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.285-288
- LIMA, R.O. Sustentabilidade da produção de soja no Brasil Central: características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta. Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 65p. (Tese de Mestrado)
- LOPES A.S & GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do Solo e Produtividade Agrícola. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H, BARROS, N.F., FONTES, R.L.F, CANTARUTTI R.B. & NEVES J.C.L., eds. Fertilidade do Solo, 1.ed. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-64.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. & SILVA, C.A.P. Vocação da terra. 2.ed. São Paulo, Associação Nacional de Difusão de Adubos, 2003. 23 p.
- LOPES, A.S. Solos sob cerrado – características, propriedades e manejo. 1.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.
- MARTHA JR. G.B.; VILELA L. & SOUSA, D.M.G. 1.ed. Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens. Planaltina- DF, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMPRAPA, 2007. 224p.

- MATO GROSSO DO SUL. Atlas Multirreferencial. 1.ed. Campo Grande - MS. SEPLAN-MS, 1990. 54p.
- McCORMICK, L.H. & BORDEN, F.Y. Phosphate fixation by aluminum in plant roots. Soil Science Society of America Proceedings, 36:799-807, 1972.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed., Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.1-18.
- MOTTA A.C.V. & MELO V.F. Química dos Solos Ácidos. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e Mineralogia do Solo (Parte II). 1.ed. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS, 2009. p.313-380.
- MUNIZ, A.S.; NOVAIS R.F.; FREIRE, F.M.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação avaliadas por meio de extratores químicos e do crescimento de soja em amostras de solos com diferentes valores do fator capacidade. Revista Ceres, 34:125-151, 1987.
- NELSON, W.L. Better Crops, 63:6-10, 1980.
- NOVAIS, R.F. & KAMPRATH, E.J.; Fósforo Recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no solo e do “fator capacidade”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3:41-46, 1979a.
- NOVAIS, R.F. Soja In: RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.323-324.
- NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; COSTA, L.M. & BARROS, N.F. Solubilização de fosfato-de-Araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco Latossolos, na presença e na ausência de calagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 9:13-22, 1985.
- PORTO, M.D.M. Levantamento da fertilidade e necessidade de fertilizantes e corretivos dos solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 97p. (Tese de Mestrado).
- PORTUGAL, A. D. Avanços tecnológicos na agricultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2., São Paulo, 2002.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., Campinas, 1982. Anais, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.33-48.
- QUAGGIO, J.A. & RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3:184-187, 1979.
- QUAGGIO, J.A., RAIJ, B. van. & MALAVOLTA, E. Alternativas de uso de solução tampão SMP para determinar a necessidade de calagem em solos. In: Congresso

- Brasileiro de Ciência do Solo, 19., Curitiba, 1983. Anais. Curitiba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral em solos. *Bragantia*, 28:85-112, 1969.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química de solo para fins de fertilidade. Campinas, Fund. Cargill, 1987. 170p.
- RAIJ, B. van; SILVA N.M.; BATAGLIA, O.C; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R & TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1985. 107p. (Instituto Agrônomo. Boletim técnico, 100).
- REZENDE, G. C. Ocupação agrícola, estrutura agrária e mercado de trabalho rural no cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. In: HELFAND, S.M. & REZENDE, G.C., eds. Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2003. p. 173-212.
- RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J; ROBAINA, A.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C. & HORN, D. Situação da fertilidade dos solos no Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 41p. (Boletim técnico; 2)
- RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa-MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.360.
- WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 63:29-38, 1934.
- SANTOS, F.C. Produtividade de soja e resposta a técnicas de cultivos em solos de cerrado com diferentes texturas. Viçosa - MG. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 74p. (Tese de Doutorado)
- SECRETARIA DE PRODUÇÃO E TURISMO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL - SEPROTUR, Campo Grande, 2012.
- SILVA I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI R.B. & NEVES J.C.L., eds. Fertilidade do Solo, 1.ed. Viçosa - MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO E., eds. Cerrado – Correção do Solo e Adubação, 2.ed. Planaltina - DF, EMBRAPA - CPAC, 2004. p.283-316.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO E. Correção do solo e adubação da cultura da soja. Platina - DF, EMBRAPA-CPAC, 1996. 30p. (EMBRAPA-CPAC Circular Técnica, 33).

- SOUSA & LOBATO. Interpretação dos Resultados da análise química do solo para culturas anuais. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO E., eds. Cerrado – Correção do Solo e Adubação, 2.ed. Planaltina- DF, EMBRAPA-CPAC, 2004. 392-397p.
- SOUSA, D.M.G.; MARTHA JR. G.B. & VILELA L. Adubação fosfatada In: MARTHA JR. G.B.; VILELA L. & SOUSA, D.M.G., eds., Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens, 2.ed. Planaltina- DF, EMBRAPA-CPAC, 2007. 145-177p.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados. Planaltina - DF, EMBRAPA-CPAC, 1987. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico 51).
- VILELA L.; MARTHA JR. G.B. & SOUSA, D.M.G. Adubação Potássica e Micronutrientes. In: MARTHA JR. G.B.; VILELA L. & SOUSA, D.M.G., eds. Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens, 2.ed. Planaltina- DF, EMBRAPA - CPAC, 2007. 179-188p.
- VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G. & MACEDO, M.C.M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO E., eds. Cerrado – Correção do Solo e Adubação, 2.ed. Planaltina - DF, EMBRAPA-CPAC, 2004. 367-382p.
- VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. & SILVA, J.E.; Adubação Potássica. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO E., eds. Cerrado – Correção do Solo e Adubação, 2.ed. Planaltina - DF, EMBRAPA-CPAC, 2004. p.169-18.