

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO E EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES POR CULTURAS SOB SISTEMAS DE PREPARO E DE
ADUBAÇÃO**

Evelyn Penedo Dorneles
(Dissertação de Mestrado)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO E EXPORTAÇÃO DE
NUTRIENTES POR CULTURAS SOB SISTEMAS DE PREPARO E DE
ADUBAÇÃO**

EVELYN PENEDO DORNELES
Química (ULBRA)

Dissertação apresentada como um
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Março de 2011

PÁGINA DE HOMOLOGAÇÃO

Ao meu marido Fábio, pelo apoio e
compreensão nos momentos de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Carlos Alberto Bissani e Egon José Meurer, pela orientação.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos colegas da FEPAGRO, André Dabdab Abichequer, Luciano Kayser Vargas e Bruno Brito Lisboa, pelas constantes sugestões e contribuições imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, pelo apoio e pela valorização de meu esforço.

Aos colegas, professores e funcionários do Departamento de Solos e do PPG Ciência do Solo, pelo auxílio nas diversas etapas do curso.

À Estação Experimental Agronômica (EEA-UFRGS), pelo apoio na condução dos trabalhos de campo.

Aos colegas e estagiários do Laboratório de Química Agrícola da FEPAGRO, pela colaboração e amizade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES POR CULTURAS SOB SISTEMAS DE PREPARO E DE ADUBAÇÃO¹

Autor: Evelyn Penedo Dorneles

Orientador: Prof. Egon José Meurer

Co-orientador: Prof. Carlos Alberto Bissani

RESUMO

Métodos de preparo e de adubação podem afetar os atributos químicos do solo e, conseqüentemente, sua fertilidade. Com o objetivo de avaliar as alterações em atributos químicos do solo, ao longo do período de dez anos, foram avaliados os resultados da análise de amostras de solo coletadas em nove épocas, em três profundidades (0-5; 5-10; 10-20 cm); o rendimento de grãos e a respectiva exportação de nutrientes de dois cultivos de verão (soja e milho), em experimento de campo em um Argissolo Vermelho Distrófico típico, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS. Foram avaliados três sistemas de preparo de solo, convencional (PC), reduzido (PR) e plantio direto (PD), combinados com dois sistemas de adubação, mineral (com calcário e fertilizantes comerciais) e orgânica (com cama de aviário). Os sistemas de preparo e tipos de adubação influenciaram os valores dos atributos químicos do solo ao longo dos anos, embora diferenças significativas não tenham sido constatadas em algumas épocas de amostragem. O sistema de plantio direto se destacou em relação aos demais, principalmente na camada superficial, em termos de valores de matéria orgânica, pH do solo e fósforo disponível. O tratamento com adubação orgânica apresentou maiores teores de matéria orgânica e de fósforo em relação ao tratamento com adubação mineral, devido aos critérios de estabelecimento de doses dos fertilizantes. Na adubação orgânica, os valores de pH do solo foram similares aos obtidos com a calagem, devido ao efeito cumulativo do adubo orgânico. O rendimento de grãos de soja foi baixo para o PD e significativamente inferior aos sistemas PR e PC, que não diferiram entre si. Maior rendimento foi obtido para a cultura de milho no plantio direto, porém as diferenças não foram significativas entre os sistemas de preparo e entre os sistemas de adubação. Os grãos de soja apresentaram menor exportação de nutrientes do que os grãos milho, devido à diferença entre os rendimentos obtidos para as culturas.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. (91 p.) Março, 2011.

CHEMICAL ATTRIBUTES OF AN ULTISOL AND NUTRIENT EXPORTATION BY CROPS UNDER SOIL TILLAGE AND FERTILIZATION SYSTEMS¹

Author: Evelyn Penedo Dorneles
Adviser: Prof. Egon José Meurer
Co-adviser: Prof. Carlos Alberto Bissani

ABSTRACT

Tillage and fertilization methods may affect the soil chemical properties and as a consequence soil fertility. With the aim of assessing changes in soil chemical properties over the period of ten years, they were studied data from analysis of soil samples collected in nine times at three depths (0-5, 5-10, 10-20 cm), grains yield and nutrient exportation by two summer crops (soybean and corn) in a field experiment set in a Paleudult soil, at the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul, Eldorado do Sul, RS, Brazil. They were evaluated three soil tillage systems, conventional (CT), reduced (RT) and no-tillage (NT) combined with two fertilization systems, mineral (with lime and commercial fertilizers) and organic (with poultry litter). Tillage and fertilization systems affected soil chemical properties over the years, although no significant differences were observed in some sampling dates. The no-tillage system was highlighted in relation to the others, especially in the surface layer in terms of values of organic matter, soil pH and available phosphorus. Organic fertilization presented higher values of soil organic matter and phosphorus in relation to mineral fertilization due to the criteria for the establishment of fertilizer doses. Under organic fertilization, soil pH values were similar to those obtained with liming due to the cumulative effect of the organic fertilizer. Soybean grain yield was relatively low for the NT and significantly lower than RT and CT systems, which did not differ. Highest maize grain yield was obtained in NT, but differences were not significant among tillage systems and between fertilization systems. Soybean grain presented lower nutrient exportation than maize grain mostly due to yield difference between both crops.

¹Master of Science Dissertation in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (91 p.), March, 2011.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Métodos de preparo de solo.....	3
2.1.1 Preparo convencional.....	3
2.1.2 Preparos conservacionistas.....	4
2.2 Sistemas de culturas.....	6
2.3 Atributos químicos do solo.....	7
2.3.1 Matéria orgânica.....	7
2.3.2 Acidez do solo e alumínio trocável.....	9
2.3.3 Capacidade de troca de cátions e bases trocáveis.....	11
2.3.4 Fósforo.....	12
2.4 Calagem e adubação do solo.....	14
2.5 Exportação de nutrientes.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Descrição do Local.....	19
3.2 Histórico do Experimento.....	21
3.2.1 Unidades experimentais.....	21
3.2.2 Tratamentos.....	21
3.2.2.1 Preparo de solo.....	23
3.2.2.2 Sistemas de culturas.....	24
3.2.2.3 Adubação.....	25
3.2.2.4 Irrigação.....	26
3.3 Avaliações do presente trabalho.....	26
3.3.1 Amostras.....	26
3.3.1.1 Solo.....	26
3.3.1.2 Planta.....	27
3.3.2 Análises químicas.....	28
3.3.2.1 Solo.....	28
3.3.2.2 Planta.....	29
3.4 Resultados apresentados e análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Atributos químicos do solo.....	31
4.1.1 Matéria orgânica.....	31
4.1.2 pH do solo.....	34
4.1.3 Fósforo disponível.....	38
4.1.4 Potássio disponível.....	41
4.1.5 Capacidade de troca de cátions.....	44
4.1.6 Saturação de bases.....	47
4.2 Produtividade das culturas.....	49
4.3 Exportação de nutrientes.....	52

5. CONCLUSÕES.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
7. APÊNDICES.....	69

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Distribuição dos tratamentos de sistemas de culturas, adubação e irrigação nas parcelas experimentais.....	23

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Localização da área experimental na EEA-UFRGS, Eldorado do Sul.....	20
2. Croquis da área experimental (A), das glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII, com as divisões para os sistemas de preparo (B) e da gleba VII, com as divisões para os tratamentos de adubação (C).....	22
3. Teor de matéria orgânica do solo em função de sistemas de preparo do solo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	32
4. Valor de pH do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto)...	35
5. Teor fósforo disponível do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto)...	39
6. Teor de potássio disponível do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	42
7. Valor de CTC pH 7,0 do solo em função de sistemas de preparo do solo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	45

8.	Relação entre o teor de matéria orgânica e o valor de CTC pH 7,0 na camada superficial do solo (0-5 cm) sob os sistemas de preparo convencional (PC), reduzido (PR) e plantio direto (PD).....	46
9.	Valor de saturação por bases (V) do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	48
10.	Relação entre os valores de saturação de bases (V) e de pH na camada superficial do solo (0-5 cm) sob sistemas de preparo convencional (PC), reduzido (PR) e plantio direto (PD).....	49
11.	Rendimento de grãos de soja (2007/08) e de milho (2008/09) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto; M = adubação mineral; O = adubação orgânica).....	50
12.	Quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos de soja (2007/08) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	53
13.	Quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos de milho (2008/09) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).....	54

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Caracterização físico-química do solo de cada gleba, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, antes da implantação dos tratamentos.....	70
2. Histórico de aplicação e componentes aportados pela cama de aviário nos tratamentos com adubação orgânica (Glebas IV e VIII)....	71
3. Histórico de cultivos e quantidades de calcário, adubos e nutrientes aplicados nos tratamentos com adubação mineral (Glebas I, II, V e VI).....	72
4. Caracterização química da cama de aviário utilizada (três lotes) e quantidades totais de elementos aportados no período para os tratamentos com adubação orgânica.....	74
5. Quantidades cumulativas dos elementos N, P, K e C orgânico e de equivalente CaCO_3 aplicadas para os tratamentos com adubação mineral e orgânica e sistemas de culturas.....	75
6. Quantidades de insumos e respectivos componentes (equivalente em corretivo de acidez, nutrientes e metais pesados) adicionados nos tratamentos com adubação de campo nativo.....	76
7. Teor de matéria orgânica do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	77
8. Valor de pH do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	78
9. Valor do índice SMP do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	79
10. Teor de fósforo do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	80
11. Teor de potássio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	81

12. Teor de cálcio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	82
13. Teor de magnésio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	83
14. Teor de alumínio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	84
15. Valor de H+Al do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	85
16. Valor de CTC do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	86
17. Valor de saturação por base (V) do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII.....	87
18. Valores de atributos do solo referentes à gleba VII em função dos tipos de adubação (AS= sem adubação; AM= adubação mineral; AO= adubação orgânica) e profundidades de amostragem.....	88
19. Rendimento e composição elementar de grãos de soja, safra 2007/2008.....	90
20. Rendimento e composição elementar de grãos de milho, safra 2008/2009.....	91

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é crescente o interesse da sociedade em geral pela busca da sustentabilidade agrícola, visando sistemas produtivos que garantam a manutenção dos recursos naturais, da produtividade dos cultivos e das demandas sociais das famílias rurais, com a intenção de proporcionar qualidade de vida a todos. Dentro deste contexto, o adequado manejo dos solos agrícolas consiste em requisito fundamental para o alcance deste objetivo. Assim, nas últimas décadas, foram implementadas, pelos órgãos de pesquisa e extensão rural, várias estratégias que objetivam a conservação da capacidade produtiva dos solos, incluindo sistemas de preparo, como o preparo reduzido e o plantio direto, bem como sistemas de culturas baseados na diversidade de espécies cultivadas, como, por exemplo, a rotação de culturas.

A capacidade produtiva do solo depende em muito da sua condição em permitir o adequado crescimento das raízes e o suprimento dos nutrientes que as plantas necessitam, aspectos que contribuem para caracterizar sua fertilidade. Esta propriedade dos solos é afetada pelos diferentes métodos de preparo do solo, associados a sistemas de culturas e de adubação, implicando em alterações físicas, químicas e biológicas do solo, interferindo no crescimento das plantas e, conseqüentemente, na produtividade das culturas.

Historicamente, áreas sob a condição original de campo nativo ou com restabelecimento da vegetação natural são transformadas em áreas de lavouras ou pastagens a partir do denominado preparo convencional, no qual o solo da camada superficial é totalmente mobilizado por lavrações e gradagens. Além dos impactos deste sistema nas propriedades do solo, as operações necessárias demandam altos custos financeiros, em especial com mão-de-obra e combustíveis. Porém, trabalhos de pesquisa realizados em algumas regiões do Rio Grande do Sul, como Missões e Planalto Médio, têm demonstrado a

viabilidade de implantação de cultivos nestas áreas sem a necessidade do revolvimento do solo, a partir da adoção de sistemas como o cultivo mínimo e, especialmente, o plantio direto. Entretanto, estas alternativas não tem sido estudadas nas condições de solos e clima da região fisiográfica da Depressão

A baixa fertilidade natural dos solos predominantes na Depressão Central do Rio Grande do Sul, caracterizada pela acidez e presença de alumínio em níveis tóxicos e baixos teores de nutrientes disponíveis, em especial fósforo e nitrogênio, é um dos principais fatores determinantes das baixas produtividades das explorações agropastoris na região em estudo. Esta situação é agravada quando as terras são utilizadas em desacordo com a sua aptidão de uso e utilizando métodos de preparo com intensa mobilização do solo, deixando pouca ou nenhuma cobertura vegetal na sua superfície, contribuindo para a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas, reduzindo, conseqüentemente, a capacidade produtiva do solo ao longo do tempo. Essas limitações da produtividade agrícola na região, no entanto, podem ser satisfatoriamente corrigidas por meio da adoção de sistemas de cultivo mais adequados, em bases conservacionistas, que, além de manterem ou elevarem a capacidade produtiva do solo, auxiliam na preservação da qualidade do ambiente. No entanto, para fornecer informações seguras e atualizadas aos agricultores, são necessários estudos de longa duração, a fim de avaliar o comportamento dos atributos químicos do solo e seus efeitos na disponibilidade às plantas de nutrientes nos agrossistemas que envolvem sistemas de preparo do solo, de culturas e de adubação, a longo prazo e em condições de condução similares àquelas de lavouras.

Central.

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a evolução dos atributos químicos do solo e a exportação de macronutrientes por culturas de grãos, afetadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação, em experimento de longa duração, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Métodos de preparo do solo

De modo geral, o preparo do solo antecedendo à implantação dos cultivos tem um ou mais dos seguintes objetivos: a) melhoria das propriedades físicas; b) incorporação de corretivos e fertilizantes; c) adequação da superfície visando as operações de semeadura ou plantio das culturas; d) controle de plantas daninhas. Os métodos de preparo podem variar desde aqueles que causam intensa mobilização do solo, como o preparo convencional, até os chamados preparos conservacionistas, nos quais o solo é pouco mobilizado ou trabalhado apenas na linha de semeadura, como é o caso do comumente conhecido como plantio direto.

2.1.1 Preparo convencional

A retirada da cobertura vegetal original, aliada a práticas de manejo inadequadas, promove o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à erosão (Centurion et al., 2001).

Neste contexto, o método de preparo convencional do solo (PC) é caracterizado pela mobilização ou revolvimento total das camadas superficiais do solo por meio de arações e gradagens periódicas a cada cultivo, deixando o solo sem a cobertura protetora de resíduos, suscetível às perdas de solo e de água por erosão. Este sistema leva à incorporação total dos restos de culturas no solo de maneira homogênea no perfil do solo na camada arável.

O revolvimento do solo em preparo convencional ocasiona a pulverização do mesmo, aumentando a exposição dos compostos orgânicos ao

ataque pela microbiota do solo, ocasionando a sua decomposição e favorecendo a formação de uma zona compactada abaixo da camada arada (Seguy et al., 1984). Outra consequência da contínua adoção deste tipo de preparo é a tendência de maior homogeneização do material que compõe a camada trabalhada, incluindo os corretivos e fertilizantes aplicados.

A adoção desse tipo de prática teve origem na idéia de que, para garantir um melhor desenvolvimento das plantas cultivadas, principalmente na fase inicial de crescimento, havia a necessidade da formação de uma “cama de semeadura”, pulverizando o solo e deixando-o livre de vegetação, permitindo assim uma boa germinação das sementes e proporcionando adequadas condições de desenvolvimento às raízes (Dexter, 1976), mantendo o solo descoberto até que a cultura se desenvolvesse.

No Brasil, o PC foi mais utilizado até o final da década de 70, quando em 1972/73 começa a surgir na região sul o plantio direto, com a intenção de reverter o processo acelerado de degradação do solo (Oliveira et al., 2002), passando-se a considerar sistemas alternativos ao PC, como o preparo reduzido do solo (PR) e o sistema plantio direto (PD) como alternativas para a conservação do solo.

2.1.2 Preparos conservacionistas

Buscando-se a preservação e a melhoria das propriedades do solo, surgiram os sistemas de produção denominados conservacionistas, que condicionam no solo um ambiente diferente daquele encontrado no sistema convencional, resultante dos efeitos dos resíduos superficiais e da reduzida movimentação do solo sobre os atributos físicos, químicos e biológicos (Salviano et al., 1998).

O sistema plantio direto (PD), em contrapartida ao PC, promove uma baixa intensidade de revolvimento do solo, não havendo a incorporação de restos culturais. Isto leva à formação de cobertura vegetal morta em função da deposição da palha da cultura anterior sobre o solo, causando uma menor perturbação do solo, favorecendo a formação de agregados, reduzindo as perdas de solo por erosão hídrica e também diminuindo a amplitude térmica do solo (Bayer et al. 2006).

O PD proporciona a cobertura adequada do solo por resíduos vegetais, reduz as perdas de solo por erosão, mantém o conteúdo de matéria orgânica e contribui para a manutenção ou elevação do potencial de rendimento das culturas (Santos e Tomm, 1999). O não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos reduzem as perdas de nutrientes e de solo (Bissani et al., 2008).

Apesar de reduzir as perdas de solo por erosão, o não-revolvimento, aliado ao tráfego de máquinas, contribui com alterações na estrutura do solo associadas à reduzida rugosidade superficial, ocasionando uma dinâmica desfavorável para a infiltração de água no solo (Camara e Klein, 2005).

A adoção do sistema plantio direto na região Sul do Brasil vem sendo incrementada desde 1990, tendo sido registrada para a mesma, na safra 2005/2006 uma área de cerca de 10,5 milhões de hectares e para o país cerca de 25,5 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2006). Atualmente, o Brasil, em nível mundial, ocupa a segunda maior área sob plantio direto sendo superado apenas pelos EUA (Lopes et al., 2004; Anghinoni, 2007). Esse incremento do plantio direto no país se deve ao fato de que, com o passar do tempo, se observou a redução da erosão, a possibilidade de controlar invasoras sem a necessidade de incorporar herbicidas, o desenvolvimento de semeadoras eficientes na semeadura e na aplicação de fertilizantes em solos com palha na superfície e pelo menor custo observado para o plantio direto em relação ao convencional (Wiethölter, 2002; Anghinoni et al., 2007).

O preparo reduzido (PR) do solo atende a uma situação intermediária entre o PC e o PD em termos de revolvimento, uma vez que promove mínima mobilização do solo, substituindo o arado e a grade por escarificadores, reduzindo a intensidade de revolvimento do solo e o tráfego de máquinas sobre o mesmo (Wiethölter, 2002). Os escarificadores rompem o solo em pontos de menor resistência dos agregados, sendo menos agressivos à estrutura do solo, quando comparados com implementos de discos (Dallmeyer, 1994). A escarificação do solo promove a incorporação dos fertilizantes, aplicados na superfície, em maiores profundidades, facilita a lixiviação dos nutrientes de maior mobilidade no perfil do solo e em casos de plantio direto, quando utilizada esporadicamente, pode ser uma alternativa para a recuperação de solos compactados (Boukouna, 2010).

Os diferentes métodos de preparo de solo, associados aos sistemas de culturas, podem afetar diretamente fatores físicos, químicos e biológicos do solo, interferindo no desenvolvimento das plantas.

2.2 Sistemas de culturas

O uso de sistemas de culturas que aportam continuamente resíduos vegetais ao solo pode melhorar a estrutura do mesmo, aumentar a atividade biológica e promover a ciclagem de nutrientes (Mielniczuk et al., 2000).

A cobertura do solo influencia diretamente na qualidade do sistema utilizado. A formação de uma cobertura vegetal, viva e morta, evita o desencadeamento de processos de erosão, melhora a eficiência na reciclagem de nutrientes e diminui a lixiviação destes, acumula N no sistema, diminuindo a demanda de fertilizantes minerais nitrogenados (Aita, 1997).

Para que a cobertura vegetal possa desempenhar as funções almejadas e auxiliar na manutenção da qualidade do solo, deve-se adotar um sistema de rotação e sequência de diferentes culturas que não siga apenas uma alternância aleatória de espécies, mas de uma escolha de culturas apropriadas, considerando suas exigências edafoclimáticas e seus efeitos benéficos para o solo. Em adição, essa sequência de culturas deve oferecer praticidade à sua adoção e promover efeitos benéficos às culturas subseqüentes (Calegari et al., 1993; Cordeiro e Souza, 1999).

Para garantir plantas adequadas à cobertura do solo, deve-se levar em consideração características como a produção de fitomassa e a quantidade de N acumulado, seja pela fixação de N atmosférico e, ou, pela reciclagem de N no sistema. Essas características, juntamente com a relação C/N, permitem conhecer a capacidade de cada espécie para manter boa cobertura vegetal sobre o solo e acumular N na palhada.

No Rio Grande do Sul, deve-se fazer a utilização de plantas de cobertura durante o período de outono/inverno, porque, nesse período, boa parte das áreas cultivadas no verão com culturas de interesse comercial permanece descoberta e, portanto, sujeita à ação dos agentes erosivos e à proliferação de plantas invasoras (Aita, 1997). Os resíduos das culturas e das plantas de cobertura contêm quantidades expressivas de P em seus tecidos que, mediante sua mineralização (Buchanan e King, 1993; Wisniewski e Holtz,

1997; Borkert et al., 1999), poderão atender boa parte da demanda das culturas. Como no PD não há incorporação dos resíduos, o P será liberado na superfície ou a poucos centímetros de profundidade, justamente numa região onde o solo apresenta menor capacidade de adsorção de P, em virtude da saturação dos sítios de adsorção, dada a aplicação superficial de fertilizantes fosfatados e o aumento do teor de MO do solo.

2.3. Atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo apresentam variabilidade espacial que ocorre naturalmente como consequência de processos pedogenéticos (Mausbach e Wilding, 1991), manifestando-se nas dimensões horizontal e vertical. Porém, essa variabilidade pode, também, ser alterada pelas ações antrópicas, mediante o manejo do solo (James e Wells, 1990). Essas condições de manejo são refletidas nos diferentes tipos de preparo do solo, com menor, maior ou sem incorporação dos resíduos.

Métodos de preparo do solo que promovem menor mobilização favorecem o acúmulo de nutrientes na camada superficial, enquanto que os métodos que mobilizam o solo mais intensamente distribuem de maneira mais uniforme os nutrientes na camada arável (Sidiras e Pavan, 1985).

Nesse sentido, os métodos de preparo, condições de adubação e calagem e o uso de sistemas de culturas influem na distribuição de nutrientes e outros elementos no perfil do solo.

2.3.1 Matéria orgânica

A matéria orgânica (MO) influencia os atributos físicos, biológicos e químicos do solo, principalmente no que se refere a fatores como estabilidade de agregados e estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, disponibilidade de nutrientes para os vegetais, atividade microbiana, capacidade de troca de cátions (CTC), lixiviação de nutrientes e liberação de CO₂ e outros gases para a atmosfera (Reeves, 1997; Mielniczuk, 1999).

O estoque de MO nos diferentes tipos de solo é uma função do tipo e da quantidade de resíduos vegetais - definido pelo sistema de rotação/sucessão de culturas empregado - ou ainda pelo maior ou menor

revolvimento do solo - definido pelo sistema de preparo do solo (Silva et al., 2006).

O maior revolvimento do solo promove a redução do conteúdo de MO, pois aumenta a taxa de perda de carbono, proporcionando maior aeração e aumentando o contato dos resíduos orgânicos com a microbiota do solo, estimulando o processo de oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos (Amado et al., 2000).

O menor revolvimento do solo no sistema plantio direto promove a redução das taxas de perda de matéria orgânica, mantendo o estoque desta nos solos. A adição de resíduos vegetais pelas culturas também contribui para o aumento da MO, demonstrando a viabilidade da combinação do sistema plantio direto com adequados esquemas de rotação de culturas, visando o aumento dos estoques de MO no solo, em relação ao preparo convencional (Bayer et al., 2006).

Em geral, ocorre o aumento gradual no teor de matéria orgânica do solo sob plantio direto, principalmente, na camada superficial, devido ao não revolvimento do solo e à quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas em rotação ou sucessão como das plantas de cobertura ao longo dos anos (Lopes et al., 2004). Lovato (2001), em um Argissolo Vermelho da Depressão Central do Rio Grande do Sul, sob diferentes sistemas de manejo, verificou que o plantio direto favoreceu o aumento do estoque de carbono orgânico total no solo, sendo esse aumento dependente da quantidade de C adicionado pelos sistemas de culturas, principalmente no caso das leguminosas, que têm aporte significativo de C e N aos solos. Observou ainda que neste solo, sob plantio direto, foi necessário adicionar aproximadamente 50% menos resíduos vegetais do que em preparo convencional para manter o estoque de C original do solo.

O estoque de MO do solo é também diretamente influenciado pelo clima da região. Na região do cerrado brasileiro, por exemplo, as perdas atingem 50% da MO original do solo em apenas 2 a 5 anos de cultivo sob preparo convencional, devido às maiores temperaturas e à menor capacidade de aporte de resíduos vegetais ao solo durante a estação seca (Silva et al., 1994).

O plantio direto tende a acumular mais C quando comparado aos sistemas convencionais, sendo este efeito ainda maior quando se utiliza um esquema de rotação de culturas diversificado (D'Andrea et. al., 2004). Este fato reforça a idéia de que as características das rotações de culturas podem ser determinantes no comportamento dos sistemas de manejo no que se refere ao seqüestro de carbono.

Pode-se verificar, pelo exposto, que sistemas de manejo com pouco revolvimento do solo que proporcionam um maior aporte de resíduos ao mesmo tempo reduzem a emissão de CO₂ para a atmosfera e conseguem manter o estoque de carbono no solo.

2.3.2 Acidez do solo e alumínio trocável

Os solos do Rio Grande do Sul são originalmente ácidos, fato determinado pelos fatores e processos de sua formação (Fiorin, 2007), condicionando valores de pH menores que 5,5 e teores de alumínio que podem ser tóxicos às plantas, podendo causar prejuízos aos rendimentos das culturas (Pöttker, 2002).

O manejo incorreto do solo, em condições de erosão, por exemplo, expõe os horizontes subsuperficiais que são, em geral, mais ácidos. Condições de uso de fertilizantes amoniacais devido à nitrificação do amônio e à oxidação da matéria orgânica também contribuem para a acidificação do solo (Sousa et al., 2007).

No preparo convencional do solo, a acidez pode ser atribuída à mineralização dos resíduos orgânicos, à lixiviação de cátions da camada arável e à intensificação da erosão hídrica (Sidiras e Vieira, 1984).

No plantio direto, as causas da acidez do solo podem ser relacionadas com a aplicação de fertilizantes, à lixiviação de nitrato e de cátions básicos e à exportação de bases pelos grãos na colheita (Bayer et al., 2006). Esse processo de acidificação se dá a partir da superfície do solo, em vista da deposição de resíduos das culturas, formando a chamada "frente de acidificação", diferentemente do sistema convencional, no qual o revolvimento do solo dilui o efeito da acidificação (Anghinoni, 2006a).

Em solos ácidos, ocorre o aumento de alumínio solúvel e quanto maior o alumínio solúvel maior é a sua toxidez para as plantas, ocasionando

danos ao sistema radicular e reduzindo a absorção de nutrientes (Salet, 1998). A matéria orgânica exerce efeito sobre a atividade do alumínio devido, principalmente, a reações de complexação por grupos funcionais da superfície do solo (Silva et al., 2006). Este efeito é mais pronunciado no solo sob plantio direto, pelo maior teor de MO.

No sistema plantio direto, há menor ocorrência das espécies químicas de Al consideradas tóxicas às plantas e uma maior concentração de Al complexado com ligantes orgânicos, o que determina a menor atividade na solução do solo e conseqüente menor toxidez às plantas. Em função do maior aporte de resíduos, no sistema plantio direto, predomina uma percentagem maior (70%) de ligações de Al-ligantes orgânicos contra 49% deste mesmo tipo de ligação em plantio convencional (Salet et al., 1999).

O manejo das culturas influencia as alterações do pH do solo. As espécies leguminosas têm maior absorção de cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+}), e N na forma NH_4^+ , resultando em maior liberação de íons H^+ pelas raízes, intensificando os processos de acidificação do solo. No caso das gramíneas, além da menor absorção de cátions, predomina a absorção de N na forma de NO_3^- , liberando íons de HCO_3^- , favorecendo a alcalinidade do solo da rizosfera (Bayer e Fontoura, 2006).

Quando da aplicação de adubos nitrogenados, pode ocorrer a acidificação ou alcalinização do solo devido ao desbalanço nas reações envolvendo as formas de N. No caso do uso de adubos nitrogenados à base de NO_3^- , o crescimento das culturas envolve uma maior absorção de ânions sobre cátions, havendo um efeito alcalino ao serem liberados íons OH^- e HCO_3^- pelas plantas (Burle, 1995).

De maneira geral, no solo sob plantio direto, tem sido observada a redução da acidez e da toxidez por alumínio, ao longo dos anos, o que pode ser devido à presença e incremento dos resíduos de vegetais no sistema, tendo sido observado, também, menor demanda por calcário nesse tipo de sistema (Sá, 1993; Salet, 1998; Miyazawa et al., 2000).

Para realizar a correção de acidez do solo sob sistema plantio direto, vem sendo realizada, no Sul do Brasil, a aplicação superficial de calcário. Caires et. al. (2000), estudando os efeitos da calagem superficial em solo sob plantio direto, observaram que a mesma proporcionou aumentos no pH, Ca e

Mg trocáveis e saturação por bases e redução no teor de Al trocável, em três profundidades estudadas (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm), sendo que os efeitos mais acentuados foram observados nas camadas superficiais do solo (0-5 cm e 5-10 cm). Mesmo que os efeitos tenham sido menos intensos nas camadas subsuperficiais do solo, os dados demonstraram os efeitos positivos do calcário aplicado na superfície sobre a correção da acidez em profundidade. Também verificaram que o teor de K trocável não foi influenciado pela aplicação do calcário.

Observa-se que o conteúdo de matéria orgânica do solo em plantio direto contribui para o mecanismo de complexação do alumínio do solo, podendo reduzir a toxidez do mesmo no meio, e que sistemas de calagem devem ser corretamente utilizados, procurando estabelecer os corretos níveis de acidez e alumínio trocável no solo.

2.3.3 Capacidade de troca de cátions e bases trocáveis

Os componentes minerais e orgânicos do solo apresentam cargas elétricas em sua superfície, que podem ser classificadas em cargas permanentes ou dependentes de pH (Meurer et al., 2006). O predomínio de cargas negativas no solo determina a sua capacidade de reter cátions (Lima, 2006).

Cargas de superfície dependentes de pH resultam da variação do pH do solo e estão presentes na caulinita, nos óxidos de ferro e de alumínio, e na MO do solo (Meurer et al., 2006). Em solos cauliniticos e/ou oxidicos, cujos minerais apresentam uma baixa densidade de cargas negativas, a MO apresenta um papel fundamental na capacidade de retenção de cátions (Bayer et al., 2006). Esse papel desempenhado pela MO é estabelecido em função da energia de ligação do íon H^+ do grupo funcional de superfície da matéria orgânica (-COOH) ser menos intensa do que a mesma ligação estabelecida pelos argilominerais e os óxidos. Desta forma, a MO dissocia seus íons mais facilmente, criando cargas negativas já em pH relativamente baixo (~3,5). Essa propriedade, aliada a alta área superficial específica, determina a MO como a principal fonte de cargas negativas nos solos das regiões tropicais e subtropicais, onde há a predominância de minerais do tipo 1:1, como a caulinita, que apresenta baixa contribuição em cargas negativas (Meurer et al.,

2006). Nesses tipos de solos, a manutenção ou o aumento do teor de matéria orgânica contribui para a retenção dos nutrientes e a diminuição da lixiviação dos mesmos (Bayer e Mielniczuk, 2008). Em experimento realizado em solos altamente intemperizados do Brasil, Raij (1969) atribuiu à matéria orgânica a contribuição em 56 a 82% da CTC total do solo. Para um solo sob plantio direto, por 20 anos, nas camadas superficiais, a CTC praticamente dobrou em comparação ao preparo convencional, em função do aumento da MO (Ciotta et al., 2003).

Métodos de preparo de solo sem revolvimento concentram os cátions trocáveis nas camadas mais superficiais e reduzem a concentração com o aumento da profundidade (Centurion et al., 1985).

A disponibilidade de bases trocáveis (cálcio, magnésio e potássio) pode ser afetada pelos métodos de preparo do solo e sistemas de cultura devido a alterações na CTC, fluxos de água, aplicação de fertilizantes e corretivos e variações na reciclagem de nutrientes (Bayer, 1992). Aumentos da CTC e do pH do solo, promovidos pelo aumento do teor de matéria orgânica do solo e pela calagem, aumentam a capacidade do solo em reter K e modificam a distribuição do mesmo no perfil do solo, diminuindo as perdas por lixiviação (Anghinoni, 2006b). Sidiras e Pavan (1985) verificaram menores teores de K no plantio convencional, fato este atribuído à mobilização do solo, erosão, lixiviação e maior utilização pelas plantas.

Verifica-se então que há influência do preparo do solo e dos sistemas de culturas sobre a CTC do solo e a disponibilidade dos cátions trocáveis para as plantas.

2.3.4 Fósforo

O fósforo do solo apresenta-se em formas orgânicas e inorgânicas. Na forma orgânica, aparece associado aos resíduos vegetais, ao tecido microbiano e aos produtos de sua decomposição (Fiorin, 2007). Na forma inorgânica, o P apresenta-se fortemente ligado aos cátions Fe, Al e Ca, que estabelecem reações de coordenação com o íon fosfato, retendo-o em formas não disponíveis às plantas (Bissani et al., 2008).

As reações de coordenação são estabelecidas entre os grupos funcionais de superfície dos minerais e da matéria orgânica com íons ou

moléculas da solução do solo. Este tipo de interação é favorecido pela atração entre o íon a ser adsorvido e a superfície, em função de possuírem cargas contrárias (Meurer et al., 2006).

A disponibilidade de P no solo sob preparo convencional diminui em função do revolvimento, que proporciona maior contato entre o íon fosfato e a superfície dos colóides inorgânicos, favorecendo as reações de adsorção (Santos et al., 2003; Lopes et al., 2004). Por outro lado, em solo sob plantio direto, ocorre o acúmulo de fósforo a partir da superfície, devido à aplicação dos adubos fosfatados na camada superficial, ao não revolvimento e à deposição dos resíduos das culturas na superfície do mesmo, promovendo-se a descida deste nutriente no perfil do solo com o tempo de cultivo (Anghinoni, 2006b; 2007). Vários outros trabalhos corroboram o acúmulo de fósforo na camada superficial, sobretudo nos primeiros 5 a 10 cm (Muzilli, 1983; Sidiras e Pavan, 1985; Sá, 1993).

Em experimento realizado em um Latossolo Bruno, em Guarapuava, PR, Ciotta et al. (2002) verificaram que, após 20 anos, os teores de fósforo na fase sólida e na solução do solo sob plantio direto foram mais de três vezes superiores aos do solo sob preparo convencional, sendo esse efeito mais significativo nas camadas até 8 cm para o teor de P-Mehlich.

Objetivando avaliar as modificações nas frações de P inorgânico em sistemas de plantio direto e preparo convencional com diferentes sucessões de culturas, Rheinheimer e Anghinoni (2001) avaliaram três tipos de solo, em três camadas (0-2,5; 2,5-7,5 e 7,5-17,5 cm) e observaram para a camada de 0-2,5 cm, no solo sob plantio direto, maior teor de P total em relação ao solo sob preparo convencional, sendo o inverso observado na camada 7,5-17,5 cm. Esse fato se deve a não-incorporação dos fertilizantes adicionados na superfície, às menores perdas por erosão e, também, pela reciclagem proporcionada pelas plantas, as quais absorvem o P disponível de camadas mais profundas, deixando-o na superfície quando da decomposição dos seus resíduos.

Percebe-se que o uso de práticas agrícolas conservacionistas, a deposição de resíduos culturais e a aplicação de fertilizantes fosfatados podem aumentar o teor de fósforo disponível às plantas, principalmente nas camadas superficiais.

2.4 Calagem e adubação do solo

As práticas da calagem e adubação procuram fazer uso racional de insumos em quantidade, forma e época, visando à elevação e manutenção dos teores de nutrientes no solo, procurando aumentar a produção das culturas (Comissão..., 2004).

A recomendação de calagem no estado do Rio Grande do Sul tem como objetivo elevar o pH do solo visando neutralizar ou reduzir os efeitos tóxicos do alumínio e, ou do manganês no solo, permitindo o crescimento radicular e a melhor absorção de nutrientes pelas plantas (Bissani et al., 2008).

Materiais de reação alcalina podem ser utilizados para corrigir a acidez do solo. Os corretivos mais usuais no Brasil são os calcários agrícolas, obtidos pela moagem de rochas calcárias. As recomendações de calagem, atualmente utilizadas para o RS e SC (Comissão..., 2004) para culturas de grãos, estabelecem para o PC que a aplicação do calcário deve ser feita a lanço na superfície, e incorporado ao solo por aração e gradagem, na camada arável do solo (até 20 cm) e com antecedência mínima de três meses, especialmente, em solos ácidos. Para o PD, caso não seja realizado o revolvimento do solo, seja em área de lavoura ou de campo nativo, os critérios adotados limitam-se ao pH 5,5 e à saturação por bases em 65 %. Para condições de solos muito ácidos de lavoura ou de campo natural (índice SMP \leq 5,0), na fase de implantação do PD, recomenda-se incorporar o calcário para obter o valor de pH (água) 6,0 (1 SMP pH 6,0) com base na análise da camada de 0–20 cm. No caso da adoção do PD a partir de campo natural em condição menos ácida, a aplicação de calcário pode ser superficial (Índice SMP $>$ 5,0) ou com incorporação (Índice SMP entre 5,0 e 5,5), na dose necessária para elevar o pH (água) do solo até 5,5 (amostragem da camada de 0–20 cm). No caso de aplicação ou reaplicação de calcário, quando o sistema já estiver consolidado, a aplicação do calcário pode ser superficial. A dose é estimada para elevar o pH até o pH 5,5, na camada de 0–10 cm (1/2 SMP pH 5,5).

A correção da acidez do solo consiste numa medida importante para a melhor absorção dos nutrientes pelas plantas e para que não haja aumento dos custos com a fertilização (Ceretta et. al., 2007).

Os produtos utilizados como fertilizantes podem ser de natureza mineral ou orgânica, de acordo com a legislação vigente (Brasil, 2004). Os

fertilizantes minerais consistem de sais inorgânicos de diferentes solubilidades. Já os fertilizantes orgânicos mais disponíveis são os esterco de animais, resíduos de culturas e os adubos verdes (Comissão..., 2004).

Em geral, para culturas anuais, os fertilizantes minerais são aplicados localizadamente, como na linha de semeadura, ou a lanço. Para os fertilizantes fosfatados e potássicos, tradicionalmente, a aplicação é feita na linha de semeadura, em função de promover a localização do fertilizante próximo do sistema radicular, favorecendo sua disponibilidade às plantas, diminuindo o caminho que o nutriente precisa percorrer no solo para que possa ser absorvido e também sua adsorção às partículas coloidais do solo (Ceretta et. al., 2007).

Devido sua natureza física e equipamentos disponíveis para a distribuição, os fertilizantes orgânicos, principalmente os esterco, são aplicados a lanço em toda a superfície, com ou sem incorporação posterior. Atualmente, a adubação orgânica, principalmente quando da utilização de esterco, é feita sobre a camada de palha existente no PD e deixada na superfície do solo. Isto impede ou retarda o contato do adubo com o solo e microrganismos, influenciando sobre a condição de mineralização dos compostos orgânicos, dinâmica dos nutrientes e sua absorção pelas plantas (Scherer e Nesi, 2009).

A utilização de resíduos orgânicos na adubação traz como benefícios o aumento da concentração de matéria orgânica do solo, associado à contribuição para a melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Berton e Valadares, 1991). Além de fornecer nutrientes, os resíduos orgânicos, dependendo da quantidade utilizada, podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água (Comissão..., 2004).

Efeitos satisfatórios da utilização de dejetos como fontes de nutrientes têm sido comprovados por pesquisas que demonstram a contribuição significativa nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, sendo alguns deles atribuídos ao aporte contínuo de material orgânico (Sommerfeldt e Chang, 1985; Kanchikerimath e Singh, 2001), resultando no aumento da produtividade das culturas (Scherer et al., 1984). Os dejetos

também podem aumentar os conteúdos de C e N, a atividade microbiana no solo e a qualidade dos grãos (Nyakatawa et al., 2001).

Em Santa Catarina, Pandolfo et al. (2008) realizaram um trabalho comparando fontes de nutrientes, com ênfase nas orgânicas, utilizando um experimento conduzido por 10 anos em um Nitossolo Vermelho, com cinco sistemas de preparo de solo, e obtiveram para a cama de aviário em sistema plantio direto melhor desempenho agrônômico em relação ao preparo convencional.

Estudos utilizando fertilizantes minerais no sistema plantio direto observaram a promoção de acúmulo de material orgânico e nutrientes sobre a superfície (Bayer e Bertol, 1999; Ciotta et al., 2002), havendo tendência semelhante com a aplicação superficial de esterco (Eghball et al., 2000; Queiroz et al., 2004; Silva et al., 2004).

A adubação orgânica e os sistemas de preparo do solo influenciam a disponibilidade e a distribuição de nutrientes no perfil do solo, variando com o tipo de sistema de preparo e da fonte de adubo utilizada (Scherer e Nesi, 2009).

A distribuição de nutrientes em profundidade foi verificada por Ceretta et al. (2003), que determinaram que no PD ocorreu um aumento da disponibilidade de fósforo na camada de 10-20 cm.

Devido à baixa concentração de nutrientes dos adubos orgânicos, é necessário aplicar maiores doses do que para os fertilizantes minerais, para suprir a mesma quantidade de nutrientes (Comissão..., 2004). Nessas condições, podem aumentar os riscos de excesso de alguns nutrientes e provocar a contaminação de lençóis freáticos, devido à lixiviação de nutrientes encontrados em maiores quantidades nestes insumos (Fernandes et al., 2007), constituindo-se este num dos principais problemas do uso deste tipo de adubação.

Assim, as fontes, as doses e os modos de aplicação de corretivos e fertilizantes, associados aos métodos de preparo, têm efeito na distribuição dos nutrientes no perfil do solo, geralmente resultando em gradientes verticais e, ou horizontais de concentração (Eghball et al., 2000; Ceretta et al., 2003; Scherer e Nesi, 2009).

2.5 Exportação de nutrientes

A avaliação das quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos das culturas é importante, entre outras finalidades, para auxiliar no estabelecimento de doses de reposição de nutrientes pelos sistemas de recomendações. Estas quantidades são basicamente influenciadas pela disponibilidade dos nutrientes no solo e sua absorção e translocação pelas culturas e são, em termos de valores, diretamente dependentes da concentração dos nutrientes nos grãos e seu rendimento pelas culturas.

A avaliação das quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos das culturas é importante, entre outras finalidades, para auxiliar no estabelecimento de doses de reposição de nutrientes pelos sistemas de recomendações de adubação. Segundo Bull (1993), as quantidades exportadas variam amplamente em função da produção obtida, que é dependente de fatores como variedade da cultura, nível de disponibilidade de nutrientes no solo, condições de manejo, condições climáticas, entre outros. Assim, por exemplo, para macronutrientes, Malavolta et. al. (1997) citam a retirada de 152 kg de N, 11 kg de P, 43 kg de K, 8 kg de Ca e 6 kg de Mg pelos grãos de soja com rendimento de 2,4 t ha⁻¹; para os grãos de milho, com rendimento de 5 t ha⁻¹, citam as quantidades de 67 kg de N, 2 kg de P, 15 kg de K, 1 kg de Ca e 4 kg de Mg.

As quantidades acumuladas nos grãos podem ser afetadas pelas práticas de manejo de solo, envolvendo questões relacionadas com os métodos de preparo, tipos de adubação, sistemas de culturas, entre outros, que irão interferir na disponibilidade de nutrientes e na produtividade das culturas.

A calagem consiste em prática de grande importância, visando melhor produtividade das culturas. Sua importância para a cultura da soja deve-se aos efeitos que exerce sobre a neutralização da acidez do solo, ao aumento do pH (Raij, et al. 1977) e ao aumento da absorção de nitrogênio, fósforo e potássio (Quaggio et al., 1993). O sistema PD pode promover melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo que podem contribuir significativamente com a obtenção de melhores produtividades para as culturas (Calegari, 1998). Condições de compactação do solo podem ser causadas pela utilização de máquinas agrícolas em PD (Rosa, 2007). O

aparecimento de camadas compactadas e selamento superficial do solo, nos sistemas de preparo que revolvem o solo, pelo uso de grade aradora e a pulverização excessiva da camada superficial, são condições que favorecem a erosão e a conseqüente diminuição da produtividade das culturas (Cardoso, 1993), reduzindo, desta forma, também, a exportação de nutrientes pelos produtos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consta da avaliação da evolução de atributos químicos de um solo no período de dez anos (2000-2010) e da produtividade e exportação de nutrientes em dois cultivos de grãos (soja, 2007/2008 e milho, 2008/2009), em experimento de campo instalado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS). O referido experimento é parte integrante do projeto intitulado “Produtividade e sustentabilidade de sistemas de produção agrícola a partir de campo natural na Região da Depressão Central - RS”. Este projeto se propõe a realizar estudos de longa duração, envolvendo sistemas de produção, conduzidos em parcelas experimentais com dimensões mais amplas que as de experimentos convencionais, procurando-se simular todas as atividades às condições normais de lavouras comerciais. As operações de campo são predominantemente mecanizadas, com a implantação de culturas de grãos diretamente sobre a pastagem natural no início do experimento. Contempla, ao mesmo tempo, aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, além dos econômicos e energéticos. Informações complementares sobre o mesmo estão apresentadas em UFRGS (2008).

Na mesma área experimental, já foram desenvolvidos trabalhos de avaliação de fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja (Bizarro, 2004; 2008), de diversidade biológica e qualidade de solo (Lisboa, 2009) e de atributos físicos do solo (Boukouna, 2010).

3.1 Descrição do local

A área experimental está localizada na EEA-UFRGS, situada no município de Eldorado do Sul – RS e pode ser visualizada na Figura 1. O local encontra-se inserido na Região Fisiográfica da Depressão Central, caracterizada por solos rasos a pouco profundos, com baixa fertilidade natural

e relevo com declividade média a moderada (Espírito Santo, 1988). Apesar do clima subtropical de verão úmido e quente (IPAGRO, 1979), esta região está sujeita a estiagens freqüentes no período de verão (Bergamaschi e Guadagnin, 1990). Esses fatores determinam um ecossistema naturalmente frágil, potencialmente sujeito à degradação e economicamente pouco rentável, especialmente quando ocupado por pecuária extensiva ou agricultura para produção de grãos, com pouca ou nenhuma atenção às classes de aptidão agrícola da terra.

O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual é de 19,4°C, com variação de 13,9 a 24,9°C entre as temperaturas médias mensais. A precipitação média anual é de 1.490 mm, com variações mensais de 95 a 168 mm (Bergamaschi e Guadagnin, 1990).

O solo no local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 1999), pertencente à unidade de mapeamento São Jerônimo (Brasil, 1973), localizado em uma área com declividade entre 0,02 a 0,04 m m⁻¹. Trata-se de um solo ácido e com baixa fertilidade natural, de textura franco-argilo-siltosa. Antes da instalação do experimento, a área estava sob pastagem natural por no mínimo 15 anos.



Figura 1. Localização da área experimental na EEA-UFRGS, Eldorado do Sul.

3.2 Histórico do experimento

3.2.1 Unidades experimentais

A área do experimento, inicialmente organizada para atender aos objetivos do projeto original, antes mencionado, foi dividida em oito glebas, com dimensões de 30 x 30 m, que receberam os tratamentos de sistemas de culturas e de adubação. Sete destas glebas (I a VI e VIII) foram subdivididas em três parcelas, duas de 7,5 x 30 m que receberam os sistemas de preparo de solo convencional (PC) e reduzido (PR) e uma de 15 x 30 m que recebeu o sistema plantio direto (PD), visando, neste caso, se dispor de uma maior superfície para amostragens. A outra gleba (VII) foi mantida com a cobertura original de pastagem natural, com posterior implantação de tratamentos de adubação mineral e orgânica. Os croquis da área experimental e de cada gleba, com as subdivisões para os preparos, são apresentados na Figura 2.

No período de adequação para o início do experimento (primavera-verão de 2000), a área foi caracterizada física e quimicamente, por coleta de amostras de solo em “grid”, com frações de 10 x 10 m, sendo os resultados resumidos no Apêndice 1.

Após a demarcação das unidades experimentais, a pastagem natural de cinco das oito glebas principais (excetuando-se a de campo natural e as duas que receberiam adubação orgânica) foi dessecada quimicamente, com aplicação de herbicida de ação total, para reduzir a cobertura vegetal e permitir a implantação dos tratamentos.

3.2.2 Tratamentos

Os tratamentos são constituídos por quatro sistemas de culturas, dispostos nas glebas, como segue: a) rotação: culturas de inverno, com colheita de grãos; b) sucessão: culturas de inverno, para cobertura do solo; c) pousio: sem cultivo de inverno, apenas com vegetação espontânea; d) pastagem natural. Com exceção da gleba com pastagem natural, as demais são cultivadas com milho e soja, alternadamente, no verão. Nos sistemas de culturas com rotação ou sucessão, estão combinados dois sistemas de adubação (mineral – com calcário e fertilizantes minerais, e orgânica - com cama de aviário); na gleba com pousio, há apenas a adubação mineral. Para as glebas com rotação ou sucessão e com adubação mineral, há ainda o

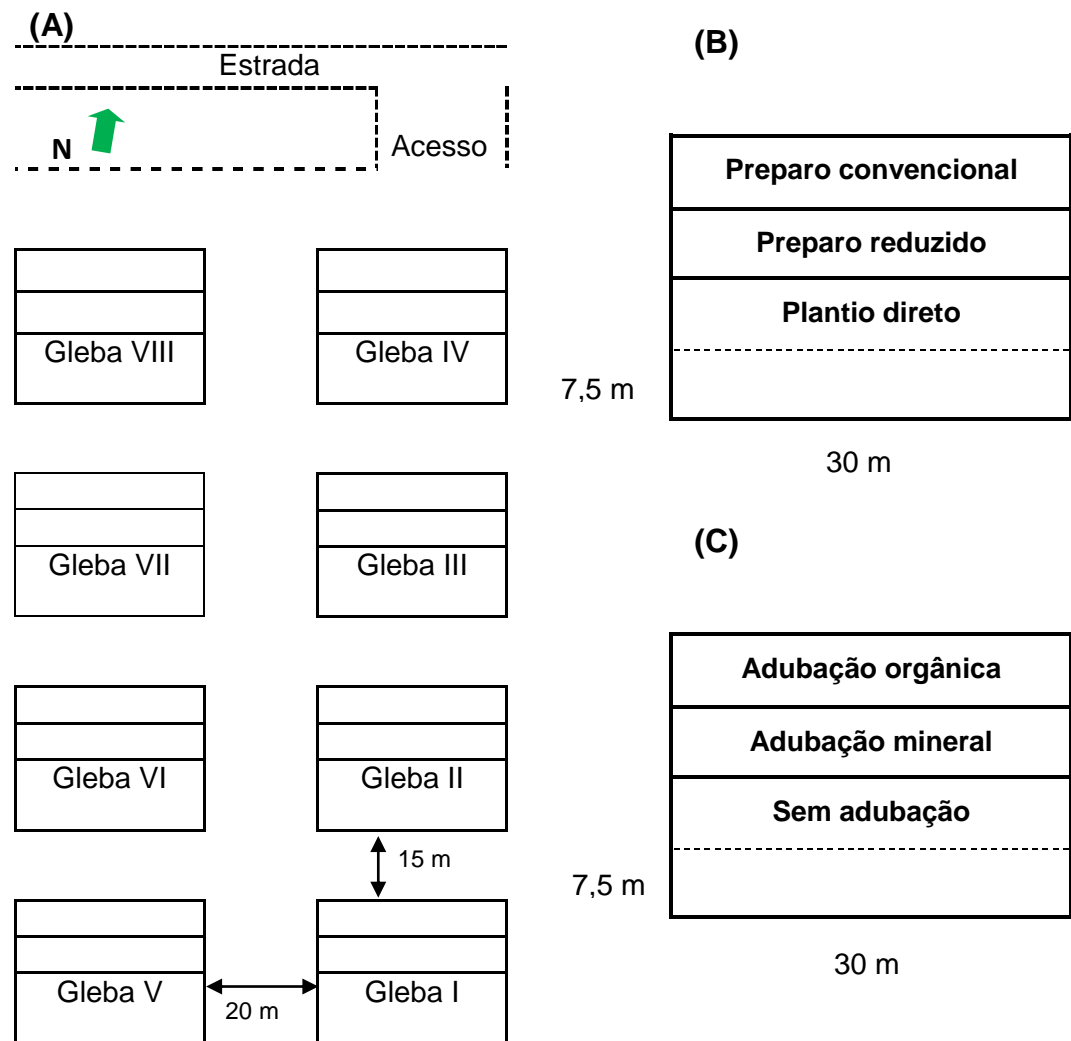


Figura 2. Croquis da área experimental (A), das glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII, com as divisões para os sistemas de preparo (B) e da gleba VII, com as divisões para os tratamentos de adubação (C).

tratamento sem e com irrigação por aspersão para a cultura de verão. Assim, com exceção da gleba VII, as glebas representam combinações incompletas de sistemas de culturas, sistemas de adubação e uso de irrigação. Por sua vez, estas glebas são divididas em três parcelas, que constituem os tratamentos de preparo do solo (PC - convencional; PR - reduzido e PD - plantio direto). No caso da gleba VII, com pastagem natural permanente, as parcelas constituem tratamentos de adubação. A localização dos tratamentos nas glebas e parcelas é apresentada na Figura 2 e na Tabela 1 e a sequência das culturas utilizadas em todo o período consta dos Apêndices 2 e 3. No início do experimento, a implantação destes tratamentos (distribuição dos insumos, execução dos preparos e semeadura dos cultivos) foi realizada sobre a cobertura vegetal dessecada.

Devido à natureza do experimento, com o uso de máquinas para as operações de preparo de solo, semeadura/adubação e colheita, visando a similaridade com as condições de lavouras, e, conseqüentemente, às dimensões necessárias para as parcelas, não foram feitas repetições as combinações dos tratamentos em estudo.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos de sistemas de culturas, adubação e irrigação nas parcelas experimentais

Gleba	Sistema de cultura	Adubação	Irrigação
I	Rotação	Mineral	Com
V	Rotação	Mineral	Sem
II	Sucessão	Mineral	Com
VI	Sucessão	Mineral	Sem
IV	Sucessão	Orgânica	Sem
VIII	Rotação	Orgânica	Sem
III	Pousio	Mineral ⁽¹⁾	Sem
VII	Pastagem natural	Mineral ou orgânica	Sem

⁽¹⁾ Adubação feita apenas para os cultivos de verão.

3.2.2.1 Preparo do solo

O preparo convencional consta de aração até a profundidade de 20 cm com arado de discos, seguida de uma ou duas gradagens, dependendo da condição da superfície do solo.

O preparo reduzido consta de escarificação até a profundidade de 20 cm, por equipamento com hastes parabólicas, espaçadas em 35 cm, providas de ponteiros estreitos (6 cm), tendo um rolo destorroador acoplado, para uniformização da superfície do solo.

No caso do plantio direto, é utilizada semeadora-adubadora em linhas, com hastes sulcadoras do tipo facão e em número variável conforme o espaçamento das culturas.

Até o 3º. ano, os preparos convencional e reduzido foram realizados em antecedência tanto aos cultivos de inverno como aos de verão. Desde então, estes preparos são realizados apenas antes dos cultivos de verão, sendo que no inverno todos os cultivos são implantados por semeadura direta.

3.2.2.2 Sistemas de culturas

A soja foi a primeira cultura estabelecida na área, na safra 2000/2001. Daí em diante, no período de verão, foi anualmente feita a rotação com soja e milho. No período de inverno, na maioria dos anos, o tratamento sucessão de culturas constou do cultivo de consorciação de aveia preta (*Avena strigosa* + vica (*Vicia sativa*), como espécies de cobertura do solo, com razoável ocorrência de azevém (*Lolium multiflorum*) por estabelecimento espontâneo. O tratamento rotação de culturas constou do cultivo de espécies para produção de grãos, trigo (*Triticum aestivum*) e aveia branca (*Avena sativa*). No tratamento com pousio, houve apenas o cultivo das espécies de verão, sendo a parcela mantida apenas com a vegetação espontânea no período de inverno. A sequência de culturas, com adubação mineral e com adubação orgânica, no período de 2000 a 2010, pode ser visualizada nos Apêndices 2 e 3, respectivamente.

A escolha de variedades e de época, densidade e espaçamento de semeadura obedeceu às recomendações das comissões especializadas de cada cultura ou grupo de culturas. As sementes das leguminosas foram inoculadas com o rizóbio específico. Nos tratamentos com adubação mineral, o controle de plantas invasoras, pragas e doenças foi feito com produtos químicos. Com adubação orgânica, o controle de invasoras foi mecânico (capina manual) nos primeiros cultivos, porém, posteriormente, houve a necessidade da utilização de dessecante químico, para controle da vegetação espontânea; foram usados produtos biológicos disponíveis no mercado para o controle de pragas e doenças. Ao final de seu ciclo, as culturas de cobertura no sistema em sucessão foram dessecadas com o uso de herbicidas, nos tratamentos com adubação mineral, ou manejadas com rolo-faca, nos tratamentos com adubação orgânica. Na mesma época, após as amostragens das plantas para as avaliações de rendimento e de matéria seca, as culturas de grãos, tanto de inverno como de verão, foram colhidas com colhedora automotriz, equipada com picador de palha, procurando-se, após a colheita, ter a distribuição homogênea do resíduo em toda a parcela.

3.2.2.3 Adubação

Os tratamentos com adubação, tanto mineral quanto orgânica, têm por base as recomendações da Comissão.... (1995, 2004), quanto a doses, formas e épocas de aplicação, a partir de valores obtidos na análise do solo, para correção da acidez e suprimento de nutrientes. Em 2000, após a dessecação da vegetação natural e antes dos preparos de solo, foi aplicado calcário dolomítico nas parcelas com tratamento de adubação mineral, o qual foi distribuído manualmente, a lanço. Esta foi a única aplicação de calcário feita até o momento, pois os índices analíticos indicadores da acidez ainda encontram-se em níveis satisfatórios.

Nos tratamentos com adubação mineral, foram aplicados adubos comerciais, contendo maiores quantidades de N e P, pois o solo da área experimental, por sua origem, sempre apresentou teores de K altos a muito altos. A adubação de base é feita no sulco de semeadura com semeadora-adubadora e a de cobertura, nas culturas que a demandam, é feita manualmente, a lanço. Nos tratamentos com adubação orgânica, foi aplicada cama de aviário, em doses conforme sua composição química (Apêndice 4) e exigências das culturas. Assim, as doses aplicadas foram baseadas nas necessidades de P, quando foi cultivada a soja, e de N, no cultivo do milho e nos cultivos de inverno, procurando-se, em ambos os casos, equivaler as doses de P ou N àquelas dos tratamentos com adubação mineral. A cama de aviário foi sempre aplicada antes dos preparos de solo, manualmente, a lanço. Até o inverno de 2003, a adubação orgânica foi feita antecedendo todos os cultivos, à exceção da soja na safra 2002/2003. Depois, até o verão de 2006/2007, foi realizada apenas para os cultivos de verão, e, partir de então, foi suspensa, devido à ocorrência de altos teores de P, K e outros nutrientes e da correção dos atributos relacionados à acidez do solo, pelo efeito cumulativo das aplicações deste material. As quantidades de calcário, de adubos e de nutrientes de plantas aportados ao solo pelos tratamentos de adubação, no período 2000-2010, são apresentados nos Apêndices 2, 3, 5 e 6. Na gleba mantida em pousio no inverno, conduzida somente com adubação mineral, esta prática é realizada apenas para os cultivos de verão.

A gleba mantida com pastagem natural (Gleba VII) foi dividida em três parcelas, uma de 15 x 30 m, mantida como testemunha da condição

original da área, e duas de 7,5 x 30 m cada, nas quais foram implantados tratamentos de adubação mineral (calagem e adubação NPK) e de adubação orgânica (cama de aviário).

3.2.2.4 Irrigação

Em duas glebas, com os tratamentos de sucessão ou de rotação de culturas combinados com adubação mineral, é feita irrigação nos cultivos de soja e milho, em períodos de deficiência hídrica, com utilização de aspersor tipo canhão.

3.3 Avaliações do presente trabalho

As amostragens e avaliações que integram o presente estudo consistiram de: a) análise e interpretação de dados, referentes às determinações químicas de oito amostragens de solo, feitas desde o início do experimento, objetivando acompanhar as alterações químicas cumulativas ocorridas no solo, ao longo do tempo; b) execução das amostragens do solo nos anos de 2008 e 2010; c) condução dos cultivos de soja da safra 2007-08 e de milho da safra 2008-09, com avaliação da produtividade de grãos, análise dos grãos e estimativa da exportação de nutrientes pelas culturas.

O preparo e a pesagem das amostras foram feitos nas dependências do Departamento de Solos - UFRGS e as análises químicas, no Laboratório de Análises do mesmo Departamento e no Laboratório de Química Agrícola da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO).

3.3.1 Amostragens

3.3.1.1 Solo

Durante a condução do experimento, foram coletadas amostras de solo em cada parcela dos tratamentos com culturas, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, utilizando-se trado tipo calador de aço inoxidável, com diâmetro de 25 mm. As coletas foram feitas em 09/2000, antes da implantação do experimento; em 10/2001, antes da semeadura do milho; em 06/2002, após a colheita do milho; em 11/2004, antes da semeadura do milho; em 10/2005, antes da semeadura da soja; em 12/2006, antes da semeadura do milho; em 05/2008, após a colheita da soja e em 07/2010, durante os cultivos de inverno.

Sempre que possível, a amostragem foi feita com a observação do posicionamento das linhas de semeadura, em ambos os sistemas de adubação, conforme as orientações da Comissão...(2004) para este tipo de amostragem. Em geral, em cada parcela de combinação de tratamentos, foram escolhidos, ao acaso ao longo das linhas, cinco pontos de coleta, Em cada ponto, foi feita uma tradagem na linha de plantas da cultura anterior adubada e, ao lado desta, perpendicularmente à linha, tradagens a cada 5-6 cm, até o centro de cada entrelinha, tendo-se então um número variável de tradagens em função do espaçamento da cultura.

Neste trabalho, a coleta e as análises das amostras de solo foram feitas nos anos de 2008 e 2010. Os valores analíticos determinados nas amostras coletadas entre 2000 e 2006 foram incluídos neste estudo.

Após a coleta, as amostras de solo foram homogeneizadas e secadas em estufa a 40°C e, após, trituradas em moinho de solos, passando por peneira de malha 2 mm, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), sendo, a seguir, encaminhadas para análises químicas.

3.3.1.2 Planta

A produtividade das culturas e a exportação de nutrientes pelos grãos foram avaliadas nos cultivos de soja da safra 2007-08 e de milho da safra 2008-09. Nesta parte do trabalho, foram utilizados os dados já disponíveis referentes ao cultivo da soja e os obtidos no cultivo do milho.

Para a avaliação do rendimento de grãos de milho e posterior amostragem para a análise química, foram colhidas em cada parcela as espigas das plantas de 10 m de cada uma das três fileiras centrais (área útil de 13,5 m²). As espigas foram secas em estufa até atingir aproximadamente a umidade de 13% e, a seguir, debulhadas, para obter-se o peso dos grãos, com separação de 200 g por parcela para utilização nas análises laboratoriais.

Após a secagem em estufa a 65-70°C até atingir peso constante, os grãos foram triturados em moinho tipo Wiley, passando por peneira de malha 1,0 mm, conforme recomendações de Tedesco et al. (1995).

3.3.2 Análises químicas

3.3.2.1 Solo

Os atributos químicos determinados nas amostras de solo, para todas as épocas, foram: matéria orgânica; pH (H₂O); índice SMP; P extraível (Mehlich-1); K, Ca, Mg e Al trocáveis; H+Al (acidez potencial); capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 e saturação por bases (V). As análises de solo foram feitas conforme a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

A matéria orgânica foi determinada por combustão úmida, utilizando-se dicromato de sódio e ácido sulfúrico. A determinação é baseada na oxidação da matéria orgânica com a redução do dicromato, ocorrendo modificação da cor do extrato, que é proporcional ao teor de matéria orgânica do solo. A determinação da intensidade da cor da solução é feita por espectrofotometria de absorção (colorimetria), com cálculo do teor de matéria orgânica, utilizando-se padrões conhecidos. Os valores são expressos em % (massa/volume).

O pH do solo foi determinado por potenciômetro na suspensão solo-água, na proporção de 1:1 (10 cm³ de solo e 10 mL de água destilada), após 30 min.

O índice SMP foi determinado pela medição do pH após o equilíbrio (20 min) da suspensão obtida com a adição de 5 mL de solução tampão SMP (pH 7,5) à mesma suspensão usada anteriormente para medir o pH do solo. Este índice é usado para indicar a quantidade de calcário necessária para corrigir o pH do solo e também para a estimativa indireta do valor de H+Al, que é um atributo químico que representa a acidez potencial do solo.

O fósforo extraível foi determinado pelo método Mehlich-1, em que a fração de P considerada disponível às plantas é extraída por uma solução composta pela mistura de ácido clorídrico (0,05 mol L⁻¹) e ácido sulfúrico (0,0125 mol L⁻¹), conhecida como solução de Mehlich-1. O teor nos extratos foi determinado por espectrofotometria de absorção (colorimetria) e expresso em mg dm⁻³.

O potássio trocável consiste na quantidade composta pelo K adsorvido às cargas negativas do solo e, em pequena proporção, pelo K da solução do solo. Para sua extração, utilizou-se o extrator de Mehlich-1. O teor nos extratos foi determinado por fotometria de chama e expresso em mg dm⁻³.

Os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos por solução de cloreto de potássio 1 mol L^{-1} . Numa alíquota do extrato, o alumínio foi determinado por titulação com hidróxido de sódio, na presença do indicador azul de bromotimol ou fenolftaleína. Em outra alíquota, o cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores são expressos em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

O valor de H+Al (acidez potencial) foi estimado indiretamente a partir do índice SMP, com uso da equação $H + Al = e^{(10,665-1,1483\text{SMP})}/10$, proposta por Kaminski et al. (2001) e em uso pela Comissão...(2004), sendo expresso em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Isto é possível a partir do ajuste matemático entre o valor do índice SMP e o valor de H+Al obtido pelo método padrão (Embrapa, 1997), que consta da extração com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ tamponado a pH 7,0 e posterior determinação titulométrica com solução de NaOH.

Os valores para soma de bases (S), CTC a pH 7 e saturação por bases (V) foram calculados pelas equações:

$$S (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$$

$$\text{CTC a pH 7,0} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = S + (H + Al)$$

$$\text{Saturação por bases (V) (\%)} = (S / \text{CTC a pH 7,0}) \times 100$$

3.3.2.2 Planta

Nas amostras de grãos de soja (safra 2007/8) e de milho (safra 2008/9), foram determinadas as concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, a partir de extrato de digestão das amostras com H_2O_2 , H_2SO_4 conc. e mistura de digestão, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). O N foi determinado pela quantificação de N-NH_4^+ , numa alíquota de 10-20 mL, destilada em micro-destilador tipo Kjeldahl, após adição de NaOH, coletando-se o destilado em indicador de ácido bórico e titulando-se com H_2SO_4 diluído. O P foi determinado por espectrofotometria de absorção (colorimetria), o K por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de macronutrientes foram expressos em % (m/m).

Com base no rendimento de grãos e nas concentrações dos elementos nos mesmos, foram calculadas as quantidades de N, P, K, Ca e Mg

exportadas pelos grãos de soja e de milho. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .

3.4 Resultados apresentados e análise estatística

Conforme especificado no item 2.2.2, não foram previstas repetições dos tratamentos em estudo. Portanto, no presente trabalho, serão avaliados estatisticamente e apresentados e discutidos apenas os resultados referentes às glebas V e VI (adubação mineral sem irrigação) e IV e VIII (adubação orgânica). Devido ao pequeno efeito dos tratamentos de sistemas de culturas e de irrigação sobre os atributos obtidos nestas glebas, foram consideradas como repetições na análise estatística.

Assim, a análise estatística para os valores dos atributos químicos de solo, em cada profundidade, de rendimento de grãos e de quantidades de nutrientes exportadas foi feita conforme o delineamento fatorial 3×2 (preparo \times adubação), com duas repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e posterior teste de comparação de médias (Tukey, $p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

Os dados obtidos nas glebas com irrigação (I e II), pousio (III) e pastagem natural (VII), que não foram incluídos no estudo estatístico, são apresentados nos Apêndices 7 a 18.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos a seguir os resultados referentes a influência dos métodos de preparo de solo e do tipo de adubação sobre os valores dos atributos químicos do solo no período de dez anos (2000/10) e a produtividade de grãos e respectiva exportação de nutrientes de dois cultivos de verão (soja, 2007/08 e milho, 2008/09).

4.1 Atributos químicos do solo

Serão abordados os atributos matéria orgânica, pH, fósforo e potássio disponíveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases. Os resultados são apresentados na forma de gráficos que mostram a tendência do comportamento dos atributos químicos do solo ao longo do tempo. Os indicativos de diferenças constam apenas nas épocas em que estas foram significativas, para efeitos simples ou de interação entre tratamentos de preparo de solo e de adubação. Em alguns casos, constam também linhas indicativas de valores de níveis críticos ou de referência, segundo os critérios de Comissão (2004). Em alguns dos gráficos que relacionam os três preparos de solo, pode ser observada uma falha na continuidade da linha para o plantio direto na profundidade de 10-20 cm em 2004, devido à impossibilidade de coleta de amostras nesta profundidade, motivada pela baixa umidade do solo.

4.1.1 Matéria orgânica

Não foi constatada interação significativa entre os fatores método de preparo do solo e tipo de adubação quanto ao seu efeito sobre o teor de matéria orgânica do solo, sendo então discutidos os efeitos simples, pelas médias destes fatores.

A Figura 3 apresenta a evolução do teor de MO em função dos métodos de preparo do solo e tipos de adubação. Embora tenham ocorrido

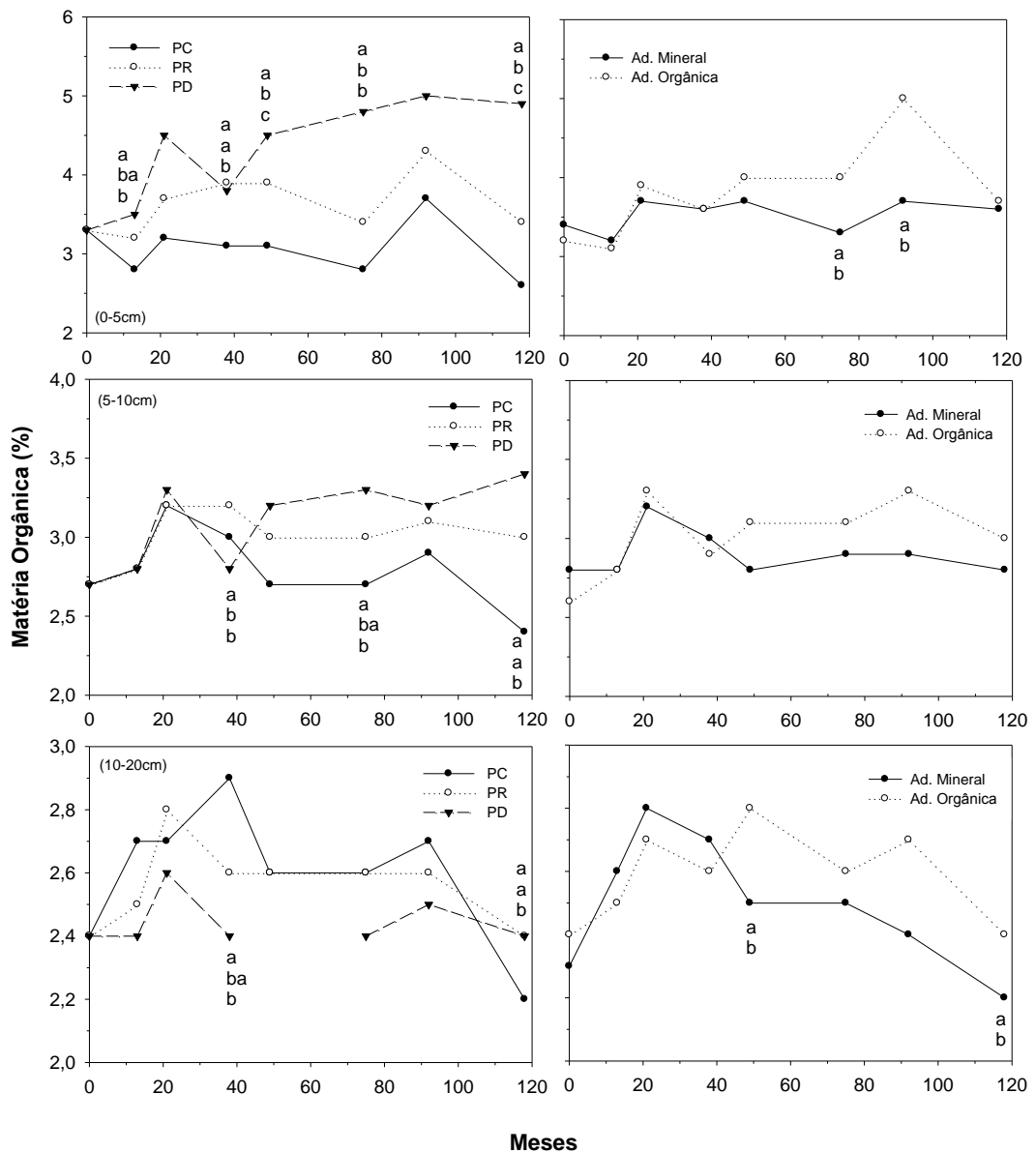


Figura 3. Teor de matéria orgânica do solo em função de sistemas de preparo do solo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

algumas oscilações ao longo do tempo, constata-se claramente o efeito dos sistemas de preparo sobre este atributo, como médias dos tipos de adubação. Desde o início, o PD promoveu o maior acréscimo no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo ao longo do tempo, com diferença significativa para os demais preparos na maior parte das épocas de amostragem. Esta

diferença também ocorreu na camada de 5-10 cm em algumas épocas, em especial na segunda metade do período avaliado. Em contraste, em ambas as camadas, o PC tendeu a diminuir o teor de MO, apresentando na maior parte das épocas valores inferiores aos dos demais preparos e em geral menores que o teor inicial. Por sua vez, de modo geral, o PR determinou valores intermediários entre o PD e o PC, com tendência de leve aumento em relação ao teor inicial. Na camada 10-20 cm, entretanto, constatou-se o inverso, com tendência de maiores valores para o PC ou PR em relação ao PD. Isto pode ser atribuído à incorporação de resíduos quando do revolvimento do solo, o que não ocorre no PD. Porém, mesmo nesta camada, na última amostragem, o teor de MO foi significativamente inferior no PC em relação aos demais preparos, além de ser inferior ao teor inicial.

A dinâmica observada para a MO no PD decorre da ausência de revolvimento do solo e da quantidade e qualidade dos resíduos, que acarretam o aumento gradual no seu teor, em especial na camada superficial, com menor perda desta por oxidação, ao contrário do que ocorre nos sistemas em que há, em maior ou menor grau, o revolvimento do solo. Trabalhos como os de Muzilli (1983), Sidiras e Pavan (1985), Sá (1995), Rheinheimer et al. (1998), Bayer e Bertol (1999) e Falleiro et al. (2003) constataram aumentos no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo sob PD. Preparos com maior revolvimento do solo, como o PC, que promovem a decomposição de MO, resultaram em menores valores de MO no solo. A exemplo da literatura citada, foi observado também, no presente trabalho, que o teor de MO avaliado ao longo do tempo é inversamente relacionado à intensidade de revolvimento do solo pelos diferentes preparos utilizados.

Como médias dos sistemas de preparo, a adubação orgânica resultou em maior teor de matéria orgânica em relação à mineral, de modo geral nas três camadas, embora a constatação de diferenças significativas apenas em algumas épocas. Isto era esperado, pois enquanto a adubação mineral pode promover o aumento da produção de resíduos pelas culturas, a orgânica, além disso, aporta material orgânico via fonte utilizada. Destaca-se que neste tratamento, com a aplicação da dose acumulada média aproximada de $38,5 \text{ t ha}^{-1}$ (base seca) de cama de aviário, foram incorporadas ao solo aproximadamente 12 t ha^{-1} de C orgânico (Apêndice 2). Em geral,

principalmente nas duas camadas superficiais, o teor de matéria orgânica tendeu a não se alterar com a adubação mineral e aumentou ao longo do tempo com a adubação orgânica. A partir dos 90 meses, constata-se o decréscimo do teor de MO, possivelmente pela suspensão da adubação orgânica a partir dessa época. Ao final do período de avaliação, o teor médio para o tratamento com adubação orgânica tende a se aproximar daquele da adubação mineral, indicando que o material usado apresenta decomposição relativamente rápida no solo. Segundo Berton e Valadares (1991), o principal benefício do uso agrícola de resíduos orgânicos é o aumento da concentração de matéria orgânica do solo, associado à contribuição para a melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Scherer (2001) constatou que a cama de frango pode ser utilizada como fonte de fósforo, podendo substituir o superfosfato triplo na adubação da cultura do milho. Ernani e Gianello (1982) não verificaram aumentos nos teores de matéria orgânica no solo com a utilização de esterco de galinha e esterco de bovino, porém verificaram aumento na disponibilidade de nutrientes, redução no teor de alumínio trocável e conseqüente aumento na produção de matéria seca de aveia. Espanhol et al. (2007) observaram aumento no teor de carbono orgânico no solo devido à utilização de cama de aviário, fato atribuído à composição química da mesma. Cassol (1999), em experimento realizado no Rio Grande do Sul, constatou que esterco bovino e de frango apresentaram eficiência semelhante ao superfosfato triplo.

4.1.2 pH do solo

Contatou-se a existência de interação significativa entre os métodos de preparo de solo e os tipos de adubação quanto ao seu efeito sobre os valores de pH do solo.

A figura 4 apresenta a distribuição dos valores do pH do solo em função dos métodos de preparo e tipos de adubação. Assim como mencionado para a MO, constatou-se a oscilação dos valores ao longo do tempo, independentemente dos tratamentos, o que pode ser atribuído a questões de amostragem, associadas à heterogeneidade deste atributo devido aos tratamentos e a fatores climáticos. Observa-se, em especial nas camadas superficiais, o aumento mais imediato nos valores de pH para o tratamento adubação mineral

devido à aplicação de calcário, o que não é observado para a adubação orgânica que recebeu somente cama de aviário. A partir dos 20 meses, para a adubação mineral, começa a haver um decréscimo nos valores de pH, devido à diminuição do efeito residual do calcário, aplicado apenas antes do início do

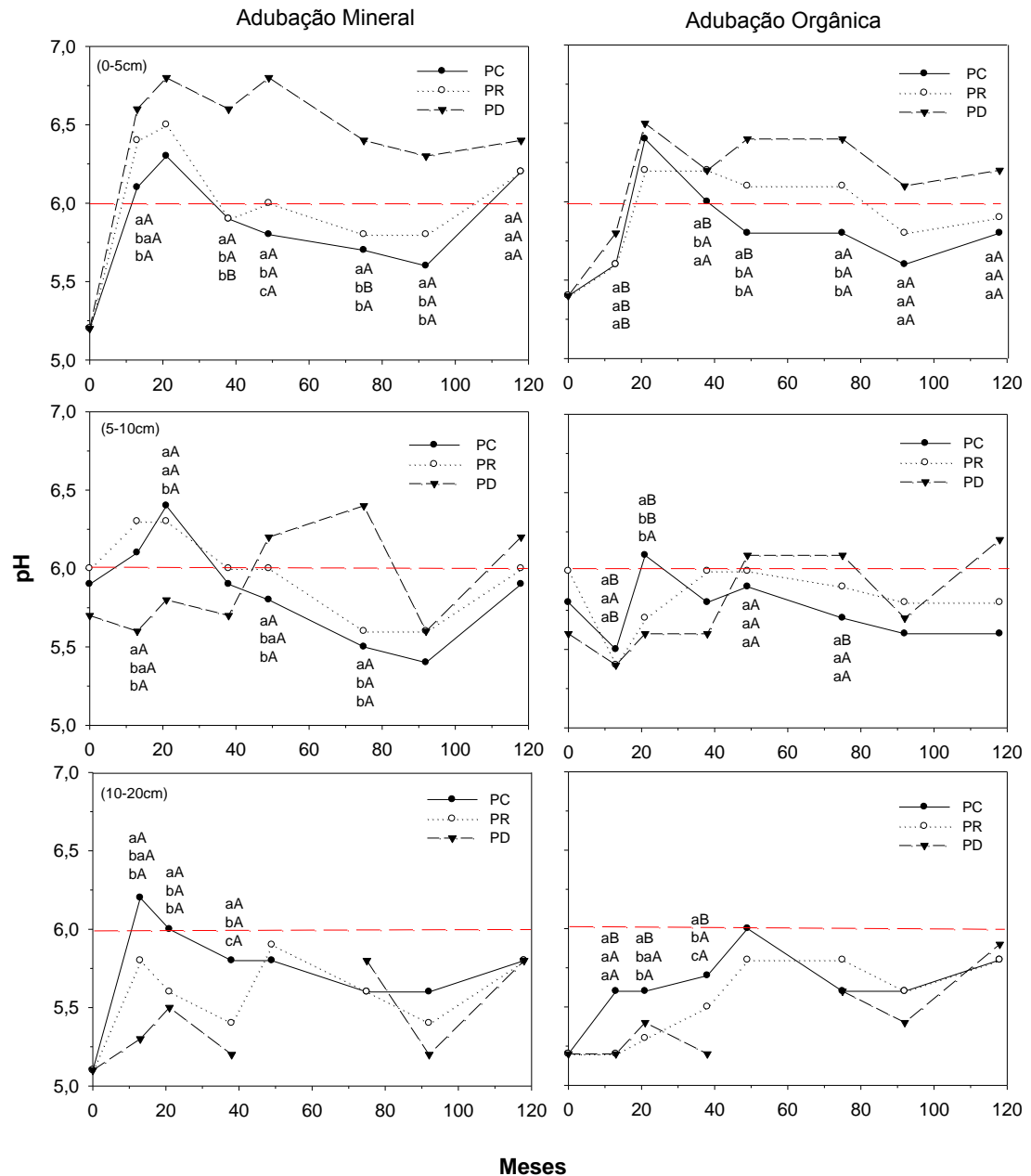


Figura 4. Valor de pH do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

experimento. Com o passar do tempo, o uso contínuo da cama de aviário proporcionou, em geral, valores de pH estatisticamente semelhantes aos obtidos com a calagem.

Em ambos os tipos de adubação, as maiores diferenças entre os sistemas de preparo foram observados na camada superficial, com superioridade para o PD em praticamente todas as épocas, o que é devido à ausência de revolvimento do solo e à tendência de manutenção do calcário e dos produtos de sua reação na superfície. Neste tipo de preparo, espera-se pequena mobilização e algum efeito de incorporação do corretivo apenas ao longo do sulco de semeadura. A exemplo dos teores de matéria orgânica e fósforo, os valores de pH destacaram-se no sistema plantio direto (PD), principalmente na camada superficial, porque no solo não revolvido os efeitos dos corretivos e dos resíduos aportados pelas culturas ocorrem principalmente na camada de 0-5cm.

Em profundidade, há o aumento mais imediato do pH para os sistemas PC e PR em relação ao PD, em função da incorporação do corretivo ao promover-se o revolvimento do solo, distribuindo o calcário em maiores profundidades, corrigindo um maior volume de solo. Entretanto, após cerca de 40 meses, observou-se a ocorrência de maior efeito residual da calagem em profundidade no sistema PD, especialmente na camada 5-10 cm, para ambos os tratamentos de adubação, por efeito do calcário ou da cama de aviário ou seus produtos de reação em profundidade. Constatou-se que nos sistemas PC e PR houve menor variabilidade dos valores de pH entre as diferentes profundidades de solo, provavelmente pela ação uniformizadora dos implementos de preparo do solo, que promovem a distribuição mais homogênea de adubos e corretivos aplicados ao solo. Na camada inferior (10-20 cm), no PD, os valores de pH foram inferiores aos dos demais preparos praticamente em todas as épocas, porém após 40 meses as diferenças não foram significativas, estando os três sistemas com valores próximos na última amostragem, indicando o efeito da correção da acidez em profundidade com o passar do tempo.

Resultados semelhantes foram relatados por Caires et al. (2000), em estudo da calagem superficial em PD sobre os atributos de acidez do solo, havendo efeito mais rápido até 10 cm de profundidade e mais lento em

profundidades maiores. Segundo Oliveira et al. (1997), a máxima reação do calcário com aplicação superficial em PD ocorre entre 15 e 36 meses, havendo, então, uma ação limitada desse modo de aplicação, principalmente nos primeiros anos de cultivo, mas que é compensada com o tempo de uso do sistema PD, principalmente nas maiores profundidades.

O efeito da calagem em profundidade no PD se dá pelo deslocamento das partículas finas de calcário, através de canais formados por raízes mortas (Oliveira e Pavan, 1996), pela formação de galerias pelos organismos do solo (Rheinheimer et al., 2000), pela formação de complexos entre as substâncias orgânicas hidrossolúveis e o Ca e o Mg na superfície do solo e posterior troca desses cátions pelo alumínio em camadas mais profundas (Miyazawa et al., 1992), e das demais condições físicas promovidas pelo PD, que preserva a estrutura do solo, formada nas condições desse tipo de preparo. No caso da cama de aviário, espera-se a ocorrência dos mesmos mecanismos de movimentação em profundidade de partículas ou produtos de suas reações, pois este material possui resíduos de carbonatos e fosfatos de cálcio usados nas reações e, possivelmente, substâncias orgânicas hidrossolúveis.

Quanto ao efeito residual sobre a acidez, tanto do calcário como da cama de aviário, nas camadas 0-5 e 5-10 cm, os sistemas PC e PR mantiveram valores de pH superiores ou próximos a 6,0 até cerca de 50 meses, tendendo a decair após esta época. Já para o PD, os valores foram sempre superiores a 6,0 em todo o período na camada superficial e, em geral, a partir de 50 meses na camada 5-10 cm. Na camada inferior (10-20 cm), apenas em poucas situações e apenas para o PC foram determinados valores de pH próximos ou superiores a 6,0.

Por oportuno, cabe comentar o acréscimo considerável nos valores de pH em praticamente todos os tratamentos na última amostragem, alterando a tendência em relação às amostragens anteriores e contrariando o que seria esperado para a dinâmica deste atributo em função do tempo, em especial para as camadas superficiais. Este fato poderia estar associado a questões relacionadas aos procedimentos de amostragem.

4.1.3 Fósforo disponível

Contatou-se a existência de interação significativa entre os métodos de preparo de solo e os tipos de adubação quanto ao seu efeito sobre o teor de fósforo disponível (P-Mehlich-1) no solo.

A figura 5 apresenta a distribuição dos valores de P em função dos métodos de preparo e tipos de adubação. Considerando os preparos de solo, observou-se que o sistema PD destacou-se dos demais, principalmente na camada superficial, devido à aplicação dos fertilizantes, à deposição dos resíduos de cultura e ao não revolvimento do solo. Conforme Hedley et al. (1982) e Selles et al. (1997), o fósforo é beneficiado pelo não revolvimento do solo, em sistemas como o PD, pois essa condição reduz a superfície de contato entre os sítios de adsorção e os íons fosfato, aumentando seus teores no solo. Nunez et al. (2003) encontraram maiores teores de P em PD do que em PC, na camada de 0-5cm. Já para os preparos de solo que revolvem parcial ou totalmente o solo, os teores de P esperados são menores do que para os preparos conservacionistas, pois os íons fosfato ficam mais disponíveis às reações de adsorção, em função do revolvimento do solo. No presente trabalho, os teores de P encontrados para os sistemas PR e PC foram menores, condizendo com os dados encontrados na literatura. Conforme Anghinoni (2006b), as vantagens do sistema PD em relação ao PC, em termos da disponibilidade de P, se devem à eliminação da erosão, ao maior teor de água, à menor adsorção pelo solo, à descida do nutriente no perfil, à sua reciclagem, à complexação do alumínio por compostos orgânicos e à melhoria da fertilidade do solo como um todo, obtida com o tempo de cultivo.

De modo geral ao longo do período, em todas as camadas, a adubação orgânica resultou em maiores teores de P no solo em relação à adubação mineral, devido ao maior aporte deste elemento, em razão dos critérios de estabelecimento de doses dos fertilizantes. Conforme relatado no item Material e Métodos, quando dos cultivos de gramíneas, principalmente no caso do milho, a dose de cama de aviário foi determinada pela demanda de N, situação que resulta em dose de P superior à aportada pela adubação mineral.

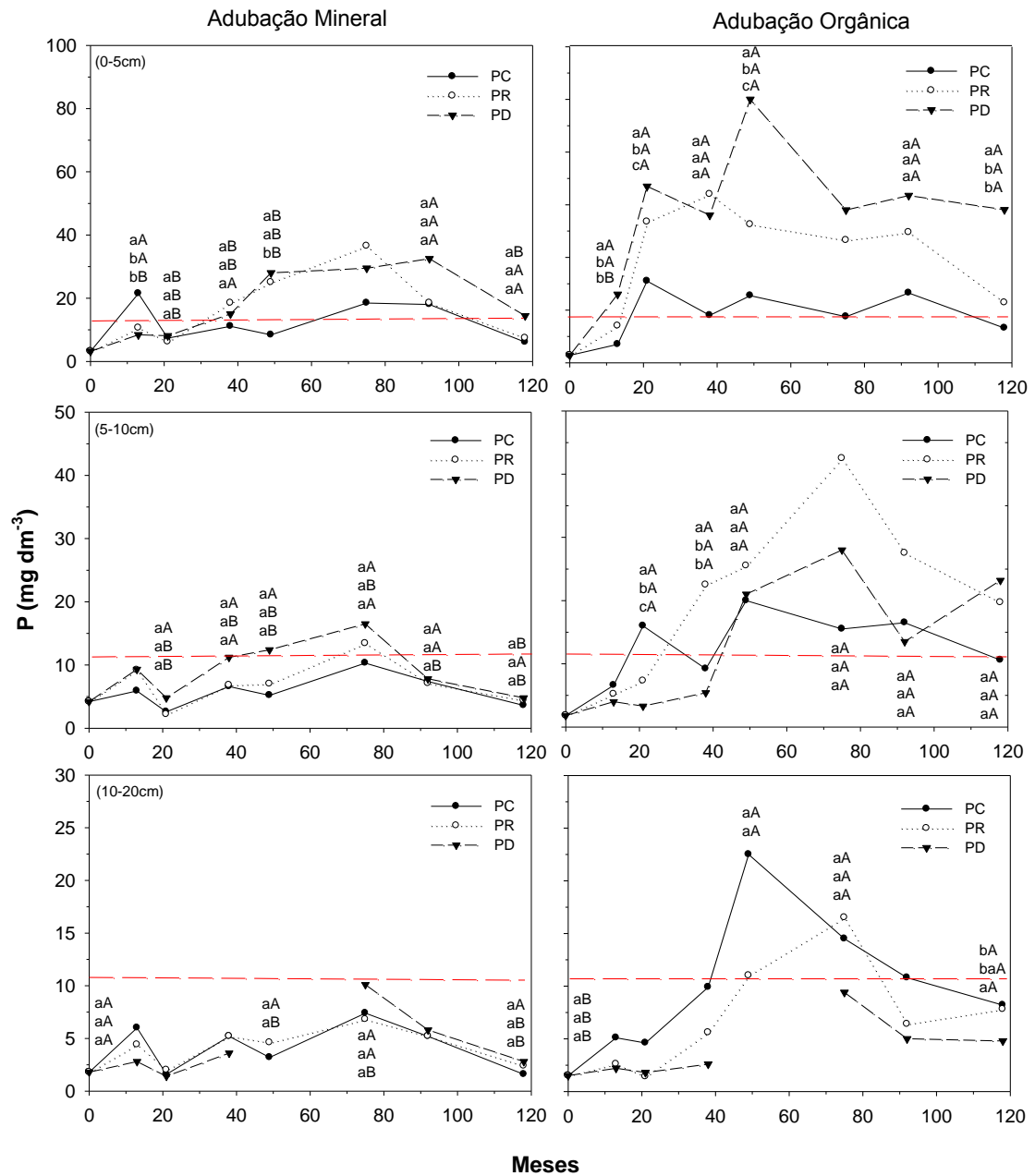


Figura 5. Teor fósforo disponível do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

Nas camadas superficiais, os sistemas PD, sem revolvimento do solo, e PR, com pouco revolvimento, promoveram teores superiores, em geral significativos, ao PC, desde o início no tratamento com adubação orgânica e após cerca de três anos com adubação mineral. Nestas camadas e em todos

os sistemas de preparo, houve a tendência de teores de P superiores ao nível crítico em praticamente todo o período. Na maior profundidade e em especial com adubação orgânica, os sistemas PR e PC promoveram maior aumento de P em relação ao PD. Isto é devido à incorporação dos adubos pelas arações e gradagens. Nota-se que na camada de 10-20 cm, em ambos os sistemas de adubação, em nenhuma época de avaliação para o sistema PD foi determinado teor de P superior ao nível crítico para este solo, embora a tendência de aumento com o tempo. Lal et al. (1990), em experimento com duração de doze anos, encontraram maiores concentrações de P em PD comparado com o PC na camada de 0-10 cm e concentrações maiores de P para o PC nas camadas mais inferiores (10-50 cm). Muzilli (1983) obteve valores de P solúvel em PC superiores aos encontrados para o PD, sugerindo, também, a influência da incorporação do fertilizante em profundidade, ocasionada pelas operações de preparo.

Essa questão do aumento do teor de P em profundidade, quando do uso de preparos que revolvem o solo, demonstra a problemática ambiental do excesso de adubos orgânicos, que descendo no perfil podem causar problemas de excesso de alguns nutrientes. Segundo Fernandes et al. (2007), um dos problemas na agricultura orgânica é a baixa concentração de alguns nutrientes nos adubos orgânicos, sendo necessário o emprego de grandes quantidades para atender as exigências das culturas para todos os nutrientes, aumentando os riscos de superdosagens e a contaminação de lençóis freáticos, devido à lixiviação de nutrientes encontrados em maiores quantidades nestes insumos.

Na última amostragem, aos 120 meses, constatou-se a tendência geral de diminuição do teor de P em relação à época anterior. No caso da adubação orgânica, embora a determinação de valores ainda superiores ao nível crítico nas camadas superficiais, isto pode ser atribuído à suspensão da aplicação da cama de aviário a partir dos 90 meses, como reportado anteriormente, e à diminuição do efeito residual do P das aplicações anteriores. No caso da adubação mineral, isto pode ser um indicativo de reposições de P inferiores às quantidades removidas pelas culturas e também de adsorção deste elemento pelo solo, já que este decréscimo ocorreu em todas as camadas e em todos os sistemas de preparo.

4.1.4 Potássio disponível

Não foi constatada interação significativa entre os fatores método de preparo do solo e tipo de adubação quanto ao seu efeito sobre o teor de potássio disponível do solo, sendo então discutidos os efeitos simples pelas médias destes fatores.

A figura 6 apresenta a distribuição do teor de K em função dos métodos de preparo e tipos de adubação. De modo geral, observou-se grandes oscilações deste atributo entre épocas de amostragem, independentemente dos tratamentos ou profundidade de amostragem, porém sempre com valores bem superiores ao nível crítico para este solo (60 mg dm^{-3}), em geral interpretados como altos ou muito altos (Comissão..., 2004). Devido seu material de origem (granitos), este solo possui alto teor natural deste elemento. Estas oscilações poderiam ser atribuídas às variações deste elemento em função dos processos de reciclagem no sistema solo-planta, com a sua absorção em camadas mais profundas e sua deposição na superfície e remoção pelos cultivos ou sua lixiviação no perfil. Esta hipótese de concentração do K nas camadas superficiais pela reciclagem via plantas ganha força pelo grande aumento de seu teor mesmo sem sua aplicação na maior parte das épocas, no caso da adubação mineral. Como o potássio se apresenta na forma livre nos tecidos vegetais, esse nutriente pode ser facilmente removido pela água após a senescência das plantas (Klepker e Anghinoni, 1995). Esses autores encontraram aumento nos teores de potássio no solo próximo à base dos caules do milho, em razão da lavagem após a senescência das plantas.

Comparando-se os preparos de solo, o PC e o PR apresentaram os maiores valores em relação ao PD, para todas as profundidades, embora com diferenças significativas apenas em algumas épocas, havendo a formação de um gradiente decrescente para todos os sistemas avaliados ao longo do perfil do solo. Eltz et al. (1989) observaram o aumento da concentração superficial de K para o PC, porém esse aumento foi menor do que o observado para o PD.

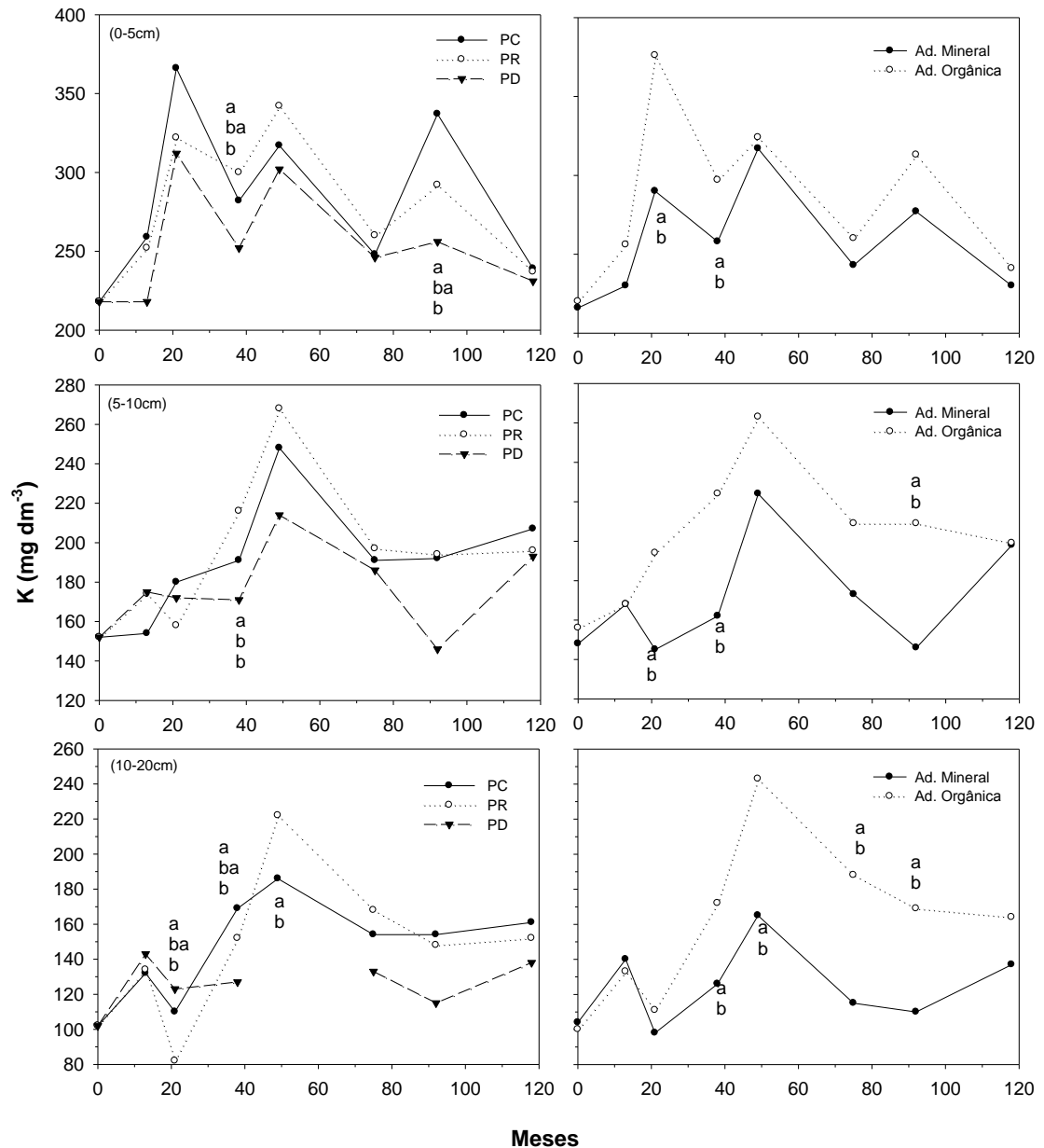


Figura 6. Teor de potássio disponível do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

Sidiras e Pavan (1985) também verificaram menores teores de K no PC, atribuindo isto à maior mobilização do solo, erosão, lixiviação e utilização pelas plantas, contrariando o que foi observado para este experimento, no qual os preparos PC e PR foram sempre superiores ao PD. Hernani et al. (1999) constataram maiores perdas de potássio na água de enxurrada do solo sob plantio direto do que sob preparo convencional, em função da erosão hídrica

pluvial. Segundo Malavolta et al. (1997), espera-se aumento no teor de K nas camadas superficiais em PD porque os restos de culturas deixados no campo após a colheita são fontes deste nutriente durante o processo de decomposição e, como não há incorporação, haveria aumento nos valores de K. Conforme Anghinoni (2007), quando da adição do adubo potássico superficialmente ou na linha de semeadura, o contínuo aporte de resíduos e o mínimo revolvimento do solo propiciam a grande concentração de K na superfície do solo, formando um gradiente decrescente no perfil do solo. O PD beneficia o K por promover o controle da erosão, maior umidade do solo, menores perdas por lixiviação (aumento da CTC do solo) e maior ciclagem no sistema, pela presença de culturas de cobertura e recicladoras. Neste experimento, foram determinados valores mais altos para a CTC a pH 7,0 e para o pH do solo devidos ao aumento do teor de MO do solo e à calagem, respectivamente, o que deveria ter proporcionado maiores teores de K no sistema de PD, fato que não foi verificado.

Quanto à adubação, foram verificados maiores teores de K para a orgânica a partir da terceira amostragem, em todas as profundidades, o que é devido à adição de maiores quantidades deste nutriente neste tratamento ao longo do tempo (Apêndice 5). Araújo et al. (2008) também observaram aumentos nos teores de K no solo ao utilizar diferentes fontes de matéria orgânica na adubação. Devido aos altos teores de K indicados pelas análises, não haveria necessidade de adubação potássica, a não ser de reposição da remoção pelas culturas, porém no caso da adubação orgânica, baseada nas demandas de N ou P, este elemento foi aplicado como acompanhante. Embora não tenham sido avaliadas, pode-se considerar a ocorrência de perdas deste elemento neste sistema de adubação, conforme verificado por Gilles et al. (2009), que observaram maiores perdas de potássio por erosão hídrica na adubação orgânica. Barrows e Kilmer (1963) citam que a utilização de dejetos de animais favorece a perda de nutrientes por erosão hídrica mais do que quando da utilização de adubos minerais, em função da maior facilidade dos materiais orgânicos serem levados pela enxurrada, motivada pela sua menor densidade e maior concentração em superfície.

4.1.5 Capacidade de troca de cátions

Não foi constatada interação significativa entre os fatores método de preparo do solo e tipo de adubação quanto ao seu efeito sobre o valor de capacidade de troca de cátions (CTC pH 7,0) do solo, sendo então discutidos os efeitos simples pelas médias destes fatores.

A figura 7 apresenta a distribuição do valor da CTC a pH 7,0 em função dos métodos de preparo e tipos de adubação. Comparando-se os preparos de solo, o PD e o PR apresentaram os maiores valores, em geral superiores ao PC, desde o início na camada de 0-5 cm e a partir de 40 meses na camada de 5-10 cm. Isto é devido ao maior teor de MO nestes sistemas, em especial no PD, sendo este constituinte um dos principais responsáveis pelas cargas negativas variáveis do solo, que contribuem para o atributo CTC. Já para o PC, os valores de CTC foram menores nas camadas superficiais, associados aos menores teores de MO, motivados pelas conseqüências do revolvimento do solo, conforme discutido no item 4.1.1. Na camada inferior (10-20 cm), na maior parte do período, praticamente não ocorreram diferenças entre os sistemas de preparo quanto a este atributo.

Quanto ao tipo de adubação, a orgânica tendeu a promover maiores valores de CTC em relação à mineral, embora com diferenças significativas em apenas algumas épocas, coincidindo com o maior aporte de MO proporcionada pela adubação orgânica. A tendência de decréscimo a partir dos 90 meses confere com a redução do teor de MO, também na mesma época, em decorrência da suspensão da adubação orgânica.

Ao longo do tempo, de modo geral, a CTC tendeu a aumentar até cerca de 80 meses, independentemente de tratamentos ou profundidade. Além dos efeitos da matéria orgânica, antes comentados, este aumento também pode ser atribuído, em parte, ao aumento do pH do solo até certo período. O decréscimo dos valores deste atributo na parte final do período pode, então, ser atribuída à diminuição do efeito residual da calagem para o tratamento com adubação mineral e à suspensão da adubação orgânica, levando à diminuição do pH e, ou do teor de MO. Este aspecto é também corroborado pela diminuição dos teores de Ca e Mg após cerca de 90 meses (Apêndices 12 e 13).

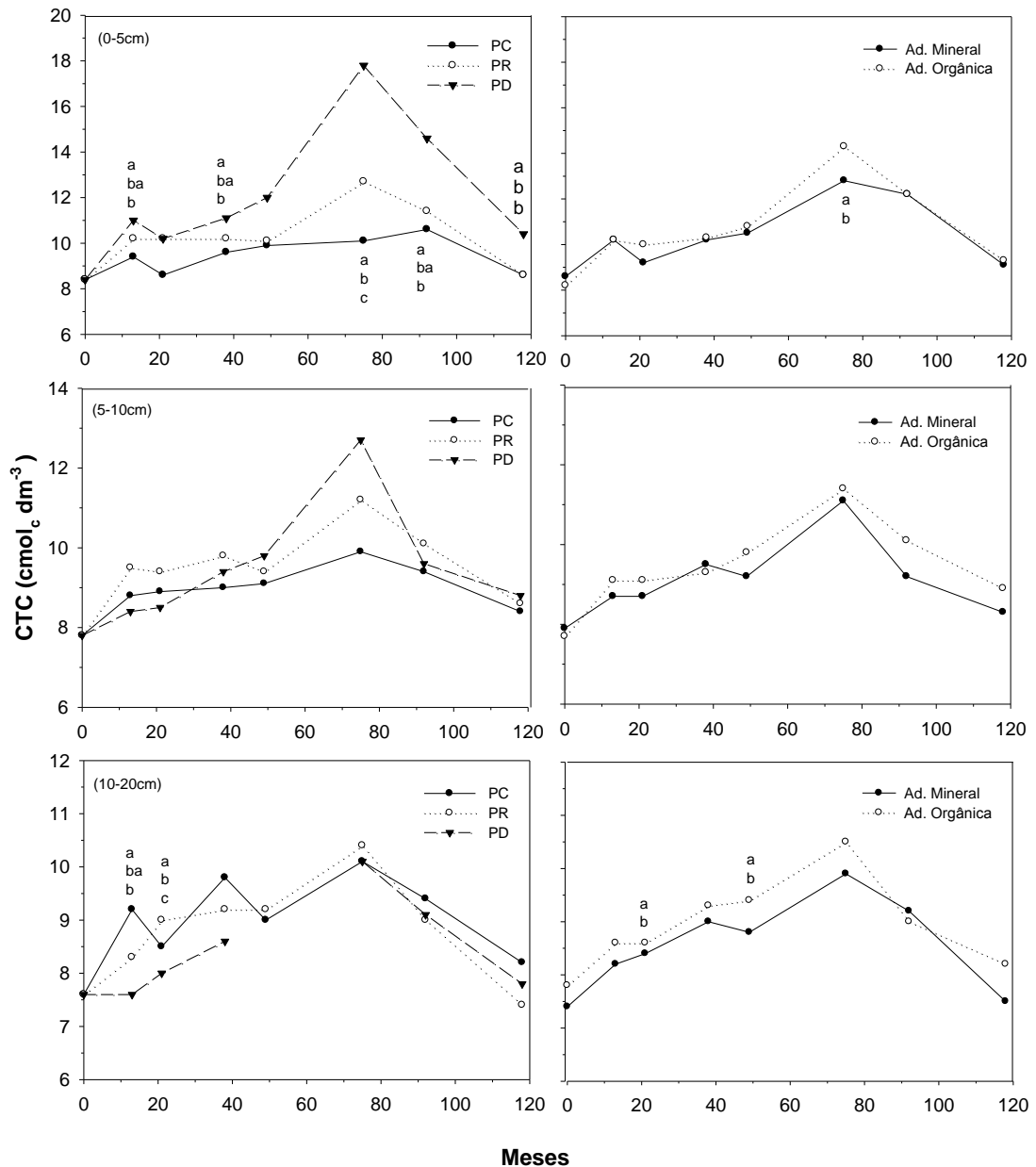


Figura 7. Valor de CTC pH 7,0 do solo em função de sistemas de preparo do solo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Em cada profundidade e cada época, valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

Em geral, ao longo do período, os valores de CTC foram interpretados como altos para uma única época, por volta dos 80 meses no PD na camada de 0-5 cm, e como médios nos demais preparos e camadas avaliadas, conforme os critérios adotados pela Comissão... (2004).

A CTC do solo aumenta em sistemas de manejo que contribuem com o aporte e a manutenção dos teores de MO do solo, como é o caso do PD,

quando comparados com sistemas menos conservacionistas, como o PR e o PC, que revolvem parcialmente ou totalmente o solo, causando perda de MO por oxidação, acarretando na redução dos valores de CTC no solo. Silva et. al (1994) observaram decréscimos na CTC do solo quando do uso de preparo convencional, em que há menores teores de MO. Para Centurion et al. (1985), os métodos de preparo de solo sem revolvimento concentram os cátions trocáveis nas camadas mais superficiais e reduzem a concentração quando do aumento da profundidade. Essa concentração deve-se à presença dos fertilizantes e corretivos na superfície e à mineralização dos resíduos culturais (Bayer, 1992). Ciotta et al. (2003) também verificaram aumento da CTC a pH 7,0 explicado pelos teores de MO.

No presente trabalho, a correlação entre o teor de matéria orgânica do solo e o valor de CTC é ilustrada na Figura 8, a exemplo do que foi verificado por Bayer e Mielniczuk (1997) no mesmo tipo de solo em experimento de manejo de solo de longa duração. Estes autores observaram que a CTC a pH 7,0 aumentou à medida que se reduziu o revolvimento do solo e se elevou a quantidade de resíduos produzida pelo sistema de cultura, sendo este efeito restrito às camadas mais superficiais.

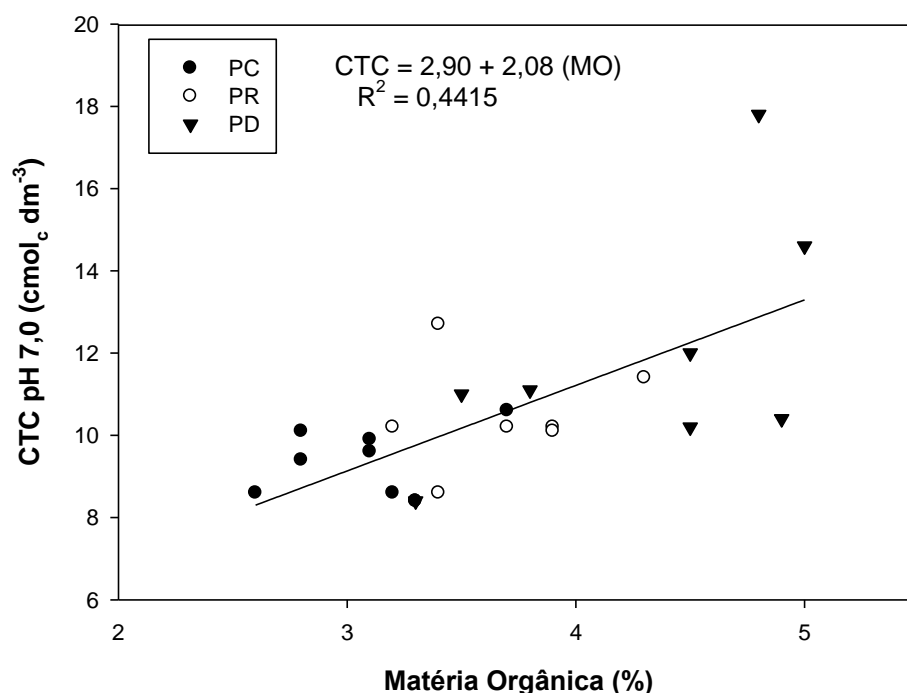


Figura 8. Relação entre o teor de matéria orgânica e o valor de CTC pH 7,0 na camada superficial do solo (0-5 cm) sob os sistemas de preparo convencional (PC), reduzido (PR) e plantio direto (PD).

4.1.6 Saturação por bases

Contatou-se a existência de interação significativa entre os métodos de preparo de solo e os tipos de adubação quanto ao seu efeito sobre os valores de saturação por bases (V) do solo apenas na camada 0-5 cm. Para as demais camadas (5-10 e 10-20 cm), os resultados serão discutidos os efeitos simples, pelas médias destes fatores.

A figura 9 apresenta a distribuição do valor de V em função dos métodos de preparo de solo e tipo de adubação. Na profundidade de 0-5 cm, o PD apresentou valores de V superiores ao PR e ao PC, sendo que, para a adubação orgânica obteve-se resultados similares à adubação mineral. Entre os sistemas de preparo, a tendência para os valores de V ao longo do tempo foi similar ao obtido para os valores de pH, sendo maiores para o PD, intermediário para o PR e menores para o PC. Isto é devido ao acúmulo na superfície dos íons Ca e Mg provenientes do calcário ou da cama de aviário, além do K, como comentado no item 4.1.4. Além disso, os altos valores de V decorrem da ausência de Al trocável em todas as situações avaliadas.

Nas camadas inferiores, constatou-se a tendência de maiores valores de V para os sistemas PC e PR até cerca de 40 meses, em decorrência da incorporação dos materiais corretivos nestes sistemas. A partir de então, passou a haver superioridade do PD na camada de 5-10 cm e igualdade entre os preparos na camada 10-20 cm. Isto comprova o comportamento diferenciado do PD, ao longo do tempo, para os atributos químicos do solo. Segundo Testa et al. (1992), a saturação da CTC a pH 7,0 por bases se concentra na superfície do solo devido à disposição dos corretivos e à deposição de resíduos orgânicos na superfície do solo que, através de sua decomposição, participam da ciclagem de nutrientes.

Quanto aos tipos de adubação, constatou-se valores de V significativamente superiores para a mineral nas primeiras épocas, em função da calagem. Entretanto, a partir da terceira amostragem os tratamentos de adubação equivaleram-se, indicando a efetividade da adubação orgânica sobre este atributo ao longo dos anos.

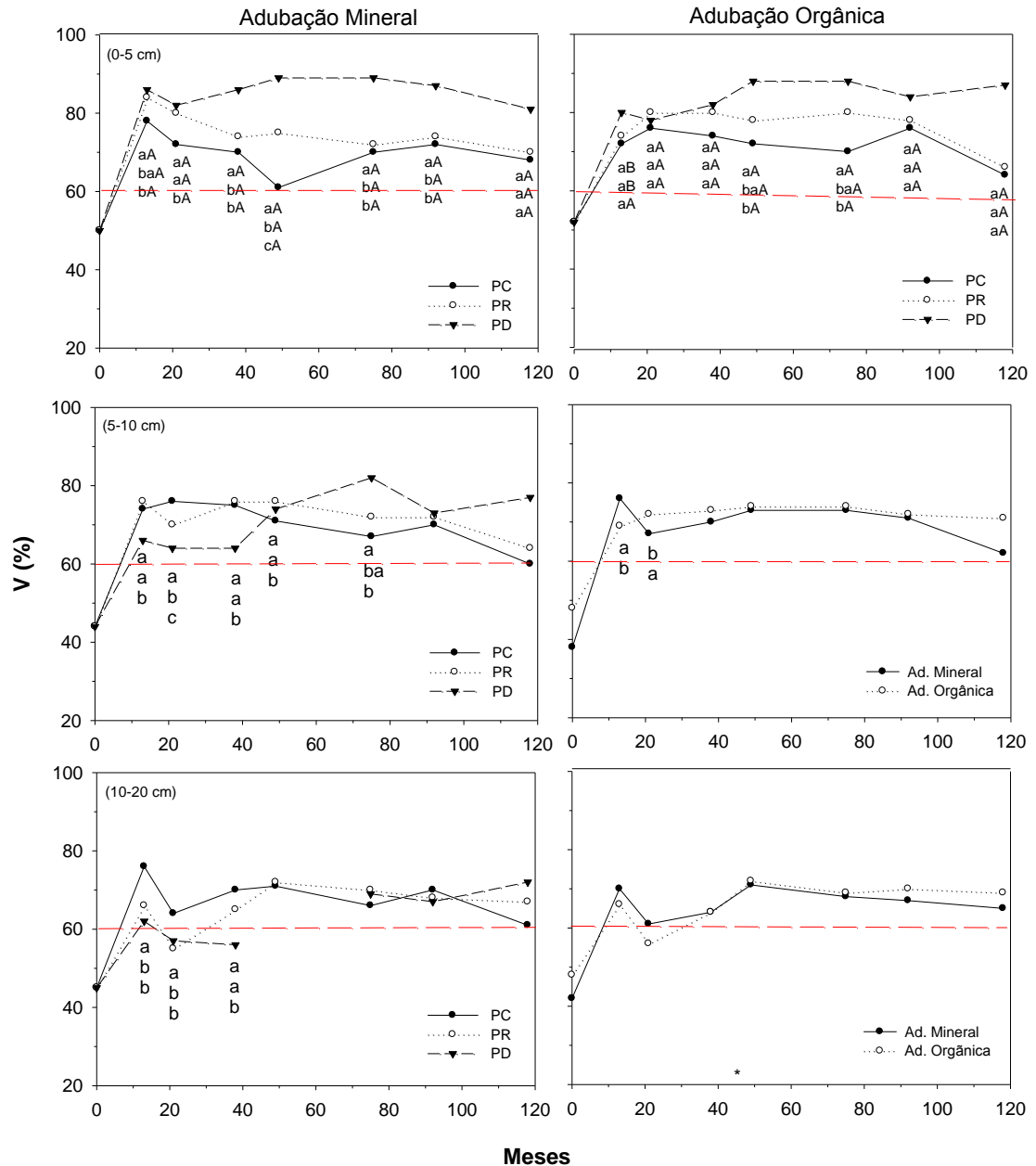


Figura 9. Valor de saturação por bases (V) do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação e profundidades de amostragem no período de dez anos. Dentro de cada profundidade e época de amostragem, letras minúsculas comparam sistemas de preparo e letras maiúsculas comparam tipos de adubação. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = Preparo Convencional; PR = Preparo Reduzido; PD = Plantio Direto).

Considerando todo o período de avaliação, os valores de V foram superiores a 60% em todas as camadas e praticamente todas as épocas após o início da implementação dos tratamentos de adubação mineral ou orgânica. Valores entre 60 e 80% são interpretados como médios pela Comissão... (2004). Com isto, pode-se concluir que os tratamentos estudados

foram igualmente eficientes em proporcionar condições químicas adequadas ao crescimento radicular até a profundidade amostrada ao longo de todo o período de avaliação.

Conforme comentado anteriormente, observou-se que, em geral, ao longo do período de avaliação, os atributos pH e saturação por bases tiveram a mesma tendência. Esta constatação é ilustrada pelos resultados apresentados na Figura 10. A partir da linha de tendência, pode-se verificar que, em média, ao valor de pH 6,0 corresponde um valor aproximado de 70% de saturação por bases.

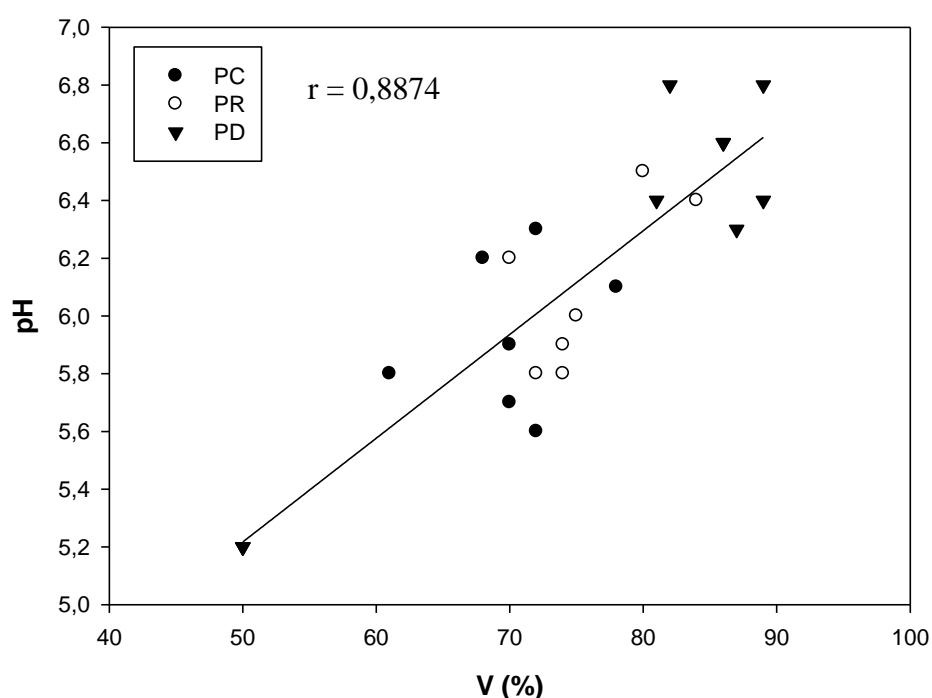


Figura 10. Relação entre os valores de saturação de bases (V) e de pH na camada superficial do solo (0-5 cm) sob sistemas de preparo convencional (PC), reduzido (PR) e plantio direto (PD).

4.2 Produtividade das culturas

A produtividade das culturas foi avaliada pelo rendimento de grãos de soja (safra 2007/08) e de milho (safra 2008/09).

O rendimento de grãos de soja foi relativamente baixo em todos os tratamentos, principalmente no sistema PD, significativamente inferior aos sistemas PC, com o maior rendimento, e PR, que não diferiram entre si (Figura 11). Quanto ao tipo de adubação, não foi observada diferença significativa entre a mineral e a orgânica, em todos os sistemas de preparo do solo.

Para o milho, o rendimento foi relativamente alto, superior no sistema PD, mas sem diferenças significativas entre os três sistemas de preparo (Figura 11). Do mesmo modo, não houve diferença significativa entre os tipos de adubação, embora os valores superiores para a adubação orgânica em todos os sistemas de preparo.

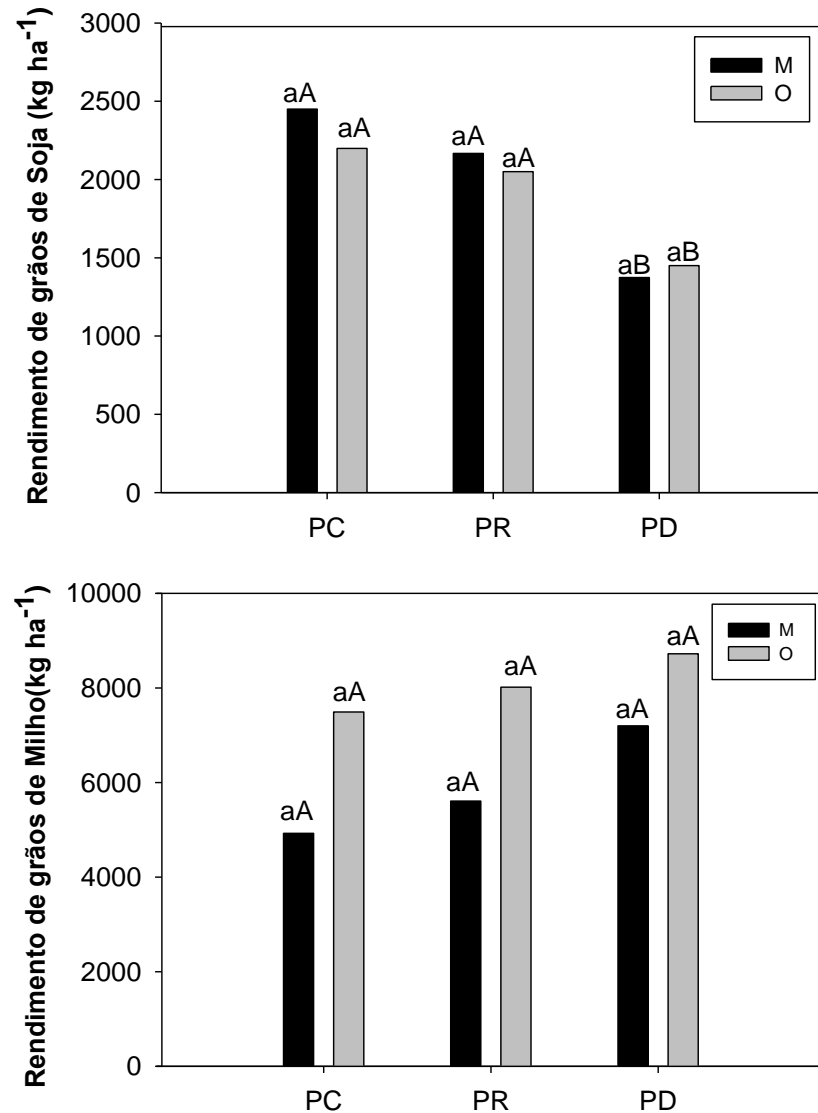


Figura 11. Rendimento de grãos de soja (2007/08) e de milho (2008/09) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plântio direto; M = adubação mineral; O = adubação orgânica).

Para o sistema PD, pelas melhorias que pode promover nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, seriam esperados melhores índices de produtividade das culturas. Em geral, nesse sistema, há maior disponibilidade de água e de nutrientes; temperaturas mais controladas na superfície do solo; maior teor de matéria orgânica; melhores condições físicas, como maior infiltração de água e redução da evaporação, aumento da quantidade de água disponível para as plantas, melhores condições de aeração do solo, fundamental para atender à maior demanda respiratória de plantas com desenvolvimento intenso; e melhores condições biológicas, como maior diversidade e atividade biológica (Calegari, 1998). Este autor afirma que se a produtividade das culturas sob plantio direto não aumentar é sinal de que ocorreu falha em alguma fase ou componente do sistema. A compactação do solo pode ser considerada uma importante causa de perdas na produtividade da soja e milho, em razão de modificações físicas no ambiente radicular, ocasionando a redução da disponibilidade de oxigênio e água e o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular, sendo que sob deficiência hídrica esse aumento é ainda maior (Cavaliere et al., 2006). Essa compactação pode ser causada pela utilização de máquinas agrícolas sobre o solo (Rosa, 2007), pela maior demanda de tração e, neste experimento, pode justificar a obtenção de menores produtividades para a cultura da soja sob PD. Como o experimento foi implantado diretamente sob solo consolidado, sob pastagem natural, é de se esperar maior densidade do solo sob PD, afetando o crescimento radicular e, por conseguinte, o rendimento da cultura.

Por outro lado, nos sistemas de preparo que revolvem o solo, o uso de grade aradora e a pulverização excessiva da camada superficial causam o aparecimento de camadas compactadas e selamento superficial do solo, com conseqüente aumento da erosão e queda na produtividade (Cardoso, 1993).

Para se obter alta produtividade em solos ácidos, a calagem é uma prática indispensável (Pearson, 1975). Sua importância para a cultura da soja é retratada por alguns trabalhos que justificam os efeitos da calagem sobre a neutralização da acidez do solo, ao aumento do pH (Raij et al., 1977), ao aumento da absorção de nitrogênio, fósforo, e potássio (Quaggio et al., 1993), retratando para o cultivo convencional aumentos consideráveis da produção devidos à aplicação de calcário. Já para a produção no sistema de plantio

direto, a correção da acidez do solo é realizada mediante distribuição do calcário na superfície, sem incorporação, o que para alguns trabalhos (Caires e Rosolem, 1998; Pöttker e Ben, 1998), em solos ácidos, sob plantio direto não têm resultado em altas produtividades; porém, altas produtividades em PD podem ser obtidas em função das melhorias do solo condicionadas pela maior umidade disponível nesse sistema (Caires e Fonseca, 2000), ou seja, talvez para esse tipo de sistema as melhores produtividades podem ser devidas mais às melhorias causadas nas condições físicas, químicas e biológicas no perfil do solo do que à calagem em superfície. Como, no presente experimento, os rendimentos não foram significativamente afetados pelo tipo de adubação, pode-se considerar que tanto a mineral como a orgânica foram eficientes em determinar boas condições para o estabelecimento, crescimento e produção das culturas dentro de cada sistema de preparo do solo.

Ciotta et al. (2003), em estudo sobre sistemas de manejo em um Latossolo Bruno, no PR, obtiveram um rendimento para soja, sob plantio direto, 42% maior do que para preparo convencional. Santos et al. (2006) também obtiveram maior rendimento de grãos na soja cultivada sob plantio direto e sob cultivo mínimo do que sob preparo convencional. Santos et al. (1997;1998) verificaram rendimentos maiores de grãos de soja sob plantio direto associados a sistemas com rotação de culturas. Mielniczuk (1997) mencionou maior rendimento para grãos de milho em preparo convencional. Santos et al. (2003) obtiveram rendimentos superiores de grãos de milho sob plantio direto em relação ao cultivo mínimo e a preparos convencionais. Pauletti et al. (2003), avaliando o rendimento de grãos em diferentes sistemas de manejo e de culturas ao longo de oito anos, não observaram diferenças significativas para o rendimento de grãos de milho.

4.3 Exportação de nutrientes

A exportação de todos os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca e Mg) pelos grãos de soja foi significativamente inferior no sistema PD em comparação aos sistemas PC e PR, em ambos os tipos de adubação (Figura 12). Este fato é certamente devido aos menores valores de rendimentos de grãos de soja no sistema PD, afetando diretamente as quantidades acumuladas nos grãos. Embora a existência de situações de superioridade de

um ou outro tipo de adubação, as quantidades exportadas de todos os nutrientes pela soja não foram significativamente influenciadas por este fator, indicando que em ambas as modalidades de adubação houve condições similares de disponibilidade e acúmulo de nutrientes nos grãos. Para esta cultura, a sequência quanto à magnitude das quantidades de nutrientes exportadas foi $N >> K > P > Ca > Mg$.

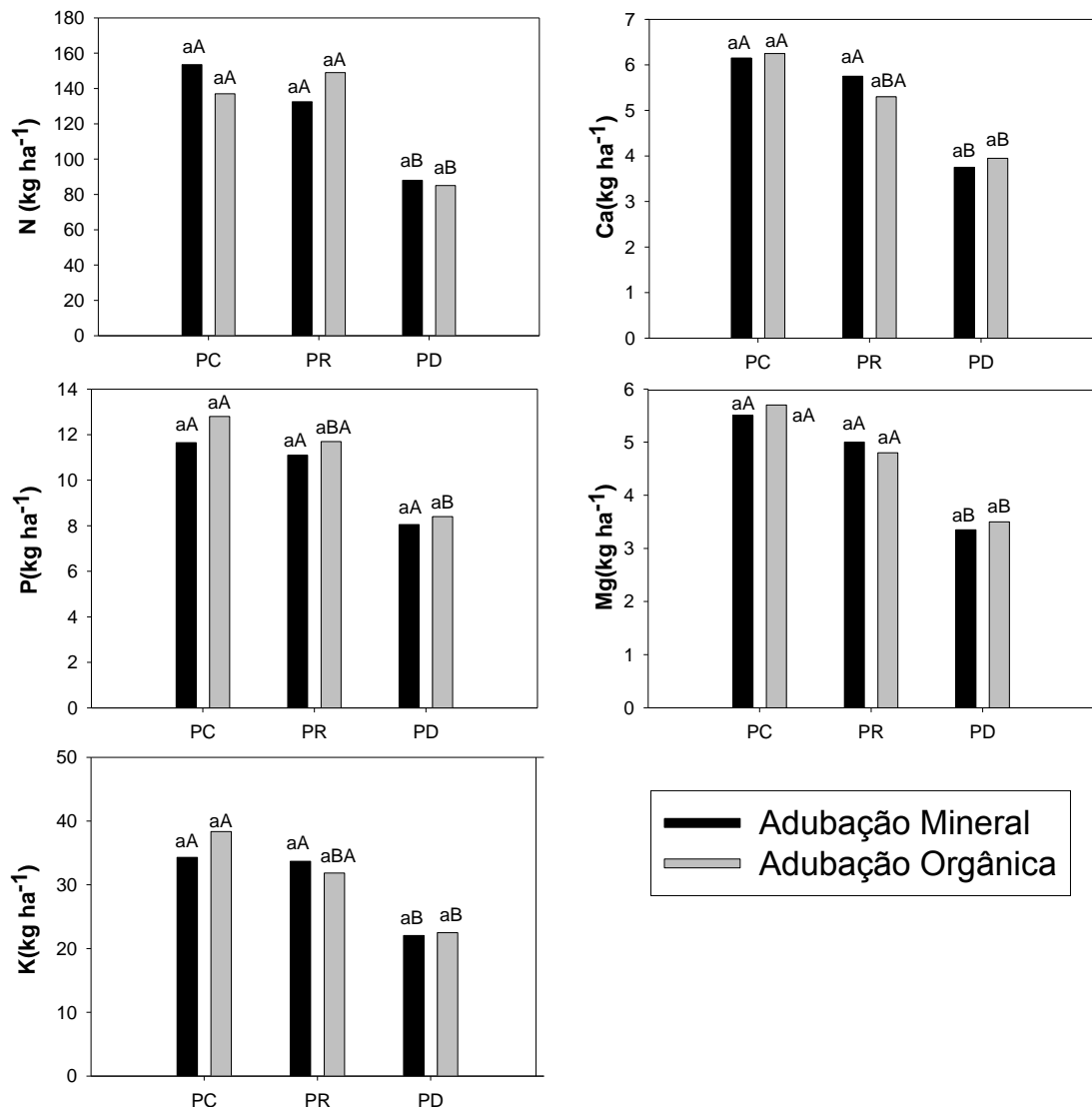


Figura 12. Quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos de soja (2007/08) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

A exportação de nutrientes pelos grãos de milho (Figura 13), de modo geral, principalmente devido ao maior rendimento de grãos desta cultura, foram maiores em relação à soja, com exceção do Ca, nutriente exigido em quantidades relativamente maiores pelas espécies leguminosas.

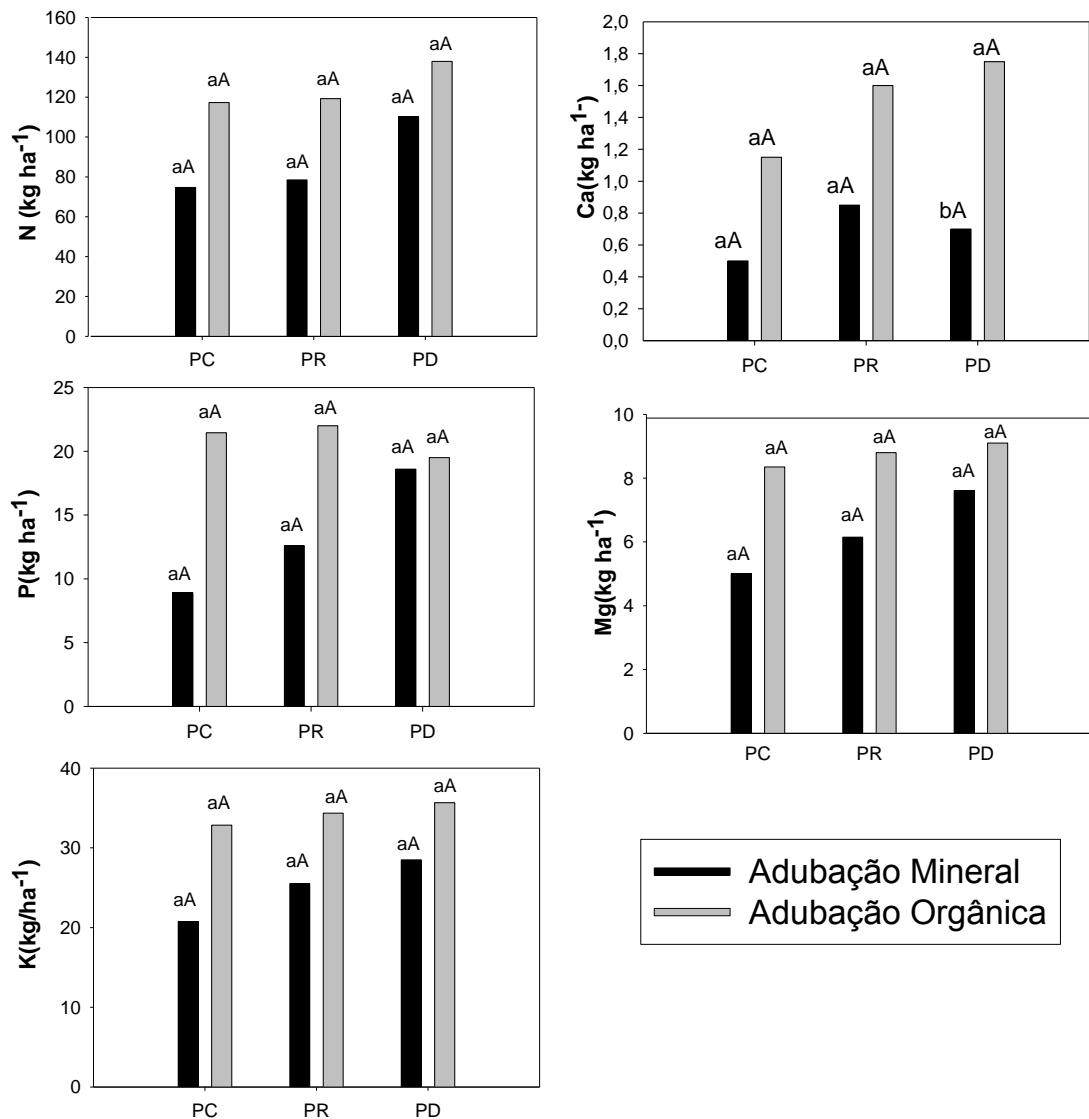


Figura 13. Quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos de milho (2008/09) em função dos sistemas de preparo e tipos de adubação. Letras minúsculas comparam os tipos de adubação e letras maiúsculas comparam sistemas de preparo. Valores com letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (PC = preparo convencional; PR = preparo reduzido; PD = plantio direto).

Embora a tendência de maior acúmulo e exportação da maioria dos nutrientes avaliados para os sistemas PD e PR, não foram determinadas

diferenças significativas entre os três sistemas de preparo de solo. Do mesmo modo, não foi constatada diferença significativa entre os tipos de adubação, embora a determinação de quantidades relativamente superiores no tratamento com adubação orgânica, conseqüência, em parte, do maior rendimento de grãos. Isto pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes no solo sob adubação orgânica, como discutido anteriormente (item 4.1), determinando maior absorção pelas plantas e translocação dos nutrientes para os grãos. Para esta cultura, a sequência quanto à magnitude das quantidades de nutrientes exportadas foi N>>K>P>Mg>>Ca. Destaca-se a grande diferença entre a soja e o milho quanto à exportação de Ca, devida à maior concentração deste nutriente na leguminosa, já que seu rendimento de grãos foi bem inferior ao do milho.

Comparando as quantidades ou faixas recomendadas de reposição (nas classes de teores altos no solo) para soja e milho para os nutrientes N, P e K, conforme Comissão...(2004), pode-se constatar que as mesmas são compatíveis com as quantidades ou faixas de exportação determinadas neste trabalho para a adubação orgânica no milho e para a adubação mineral na soja, desconsiderando o N no caso da soja, pela não recomendação de adubação nitrogenada para esta cultura. Para o caso da adubação mineral no milho e adubação orgânica na soja, para se suprir as quantidades exportadas pelos grãos compatíveis com os rendimentos de referência mínimos estabelecidos pela Comissão...(2004), faz-se necessário utilizar doses de nutrientes maiores que aquelas indicadas para adubação de reposição destas culturas.

5. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que:

- a. os sistemas de preparo e de adubação influenciaram significativamente os atributos químicos do solo nas profundidades amostradas;
- b. o sistema de plantio direto destaca-se dos demais em termos dos teores de matéria orgânica e fósforo e valores de pH, capacidade de troca de cátions e saturação de bases, na camada superficial do solo;
- c. devido aos critérios de estabelecimento de doses dos fertilizantes, a adubação orgânica resulta em maiores teores de fósforo e potássio em relação à adubação mineral;
- d. o efeito cumulativo das adubações com cama de aviário resultou em aumento do pH do solo a valores similares aos obtidos com a calagem;
- e. o efeito residual da calagem é maior no sistema de plantio direto, seguido do preparo reduzido;
- f. o rendimento dos grãos de soja foi significativamente inferior para o PD em relação aos demais, com conseqüente menor exportação de nutrientes; para o milho, o rendimento e a exportação de nutrientes não apresentaram diferenças significativas, porém a tendência de maiores rendimentos ocorreu em PD.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

AMADO, T. J. C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

ANGHINONI, I. Amostragem do solo, dinâmica da acidez e calagem em plantio direto. In: FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006a. p. 31-57.

ANGHINONI, I. Adubação fosfatada e potássica em plantio direto. In: FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006b. p. 87-103.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873- 928.

ARAUJO, L. C. et. al. Fontes de matéria orgânica como alternativa na melhoria das características químicas do solo e produtividade do capim-Mombaça. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 65-72, 2008.

BARROWS, H. L.; KILMER, V. J. Plant nutrient losses from soils by water erosion. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 15, p. 303-316, 1963.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. 1992. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNIZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; BISSANI, C. A.; ZANATTA, J. A. Química de solos em plantio direto. In: FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. p. 7-29.

BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré-culturas e manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto. In: FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. p. 59-85.

BAYER, C.; MIELNIZUK, J.; SANTOS, S. R. Física do solo, diagnóstico e manejo da compactação em plantio direto. In: FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. p.161-188.

BAYER, C.; MIELNIZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 2008. p. 7-18.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 96 p.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 43, n. 2-3, p. 87-93, 1991.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008. 344 p.

BIZARRO, M. J. **Inoculação de soja em solo submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BIZARRO, M. J. **Simbiose e variabilidade de estirpes de Bradyrhizobium associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo**. 2008. 97 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BORKERT, C. M. et al. Nutrientes minerais da biomassa da parte aérea de culturas de cobertura de solo para semeadura direta com rotação de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCS/Embrapa-CPAC, 1999.

BOUKOUNGA, J. C. **Propriedades físico-mecânicas de um argilossolo sob diferentes sistemas de manejo e preparos do solo**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: IPEAS, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº 010 de 06/05/2004. Aprova as disposições sobre a classificação e os registros de estabelecimentos e produtos, as exigências e critérios para embalagem, rotulagem, propaganda e para prestação de serviço, bem como os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 90, 12 maio 2004.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.) **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 142-145.

BURLE, M. L. **Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo**. 1995. 105 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

BUCHANAN, M.; KING, L. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no till and conventional till agroecosystems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 3, p. 631-638, 1993.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 175-184, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CAIRES, E. F.; BANZATO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. 346 p.

CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M. R. (Coord.). **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p. 65-94. (Circular, 101).

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 5, p. 789-796, 2005.

CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 70-104.

CASSOL, P. C. **Eficiência de estrumes de bovinos de leite e frangos de corte como fonte de fósforo às plantas**. 1999. 162 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 1999.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CENTURION, J. F. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 267-270, 1985.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeitos de formas de manejo em algumas propriedades físicas e química de um Latossolo Vermelho em diferentes agrossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 729-735, 2003.

CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 851-872.

CIOTTA, M. N. et al. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 1055-1064, 2002.

CIOTTA, M. N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca em solo com argila de atividade baixa sobre plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1161-1164, 2003.

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

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CORDEIRO, L. A. M.; SOUZA, C. M. Características agronômicas da cultura da soja (cv. 'CAC-1') semeada sobre palhada de diferentes espécies de cobertura morta em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1999.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

D'ANDRÉA, A. F. et al. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DEXTER, A. R. Internal structure of tilled soil. **Journaul of Soil Science**, Oxford, v. 27, p. 267-278, 1976.

EGHBALL, B.; BINFORD, G. D.; BALTENSBERGER, D. D. Phosphorus movement and absorption in a soil receiving longterm manure and fertilizer application. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, p. 1339-1343, 2000.

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, R. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Brunoálico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 119-124, 1982.

ESPANHOL, L. G., et al. Propriedades químicas e físicas do solo modificadas pelo manejo de plantas espontâneas e adubação orgânica em pomar de macieira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 6, p. 83-94, 2007.

ESPIRITO SANTO, F. R. C. **Distribuição de óxidos de ferro em uma catena de solos derivados de granito na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul**. 1988. 140f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 1988.

FALLEIRO, M. R. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T.; WÜNSCH, J. A. A fertilidade do solo em sistemas orgânicos de cultivo de soja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1541-1544, 2007.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (sistema para análise de variância) para Windows: versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade de São Carlos, 2000. p. 255-258.

FIORIN, J. E. (Coord.). **Manejo e fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 184 p.

GILLES, L. et al. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo de solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1427-1440, 2009.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 46, n. 4, p. 970-976, 1982.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. A. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

IPAGRO. **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1979. (Boletim Técnico, 3).

JAMES, D. W.; WELLS, K. L. Soil sample collection and handling: Technique based on source and degree of field variability. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 25-44. (SSSA Book Series, 3).

KAMINSKI, J.; Rheinheimer, D.S.; Bartz, H.R. et al. Proposta de nova equação para determinação do valor de H+Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC. In: Reunião Anual da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 33. **Ata...** Frederico Westphalen, 2001. p.21-26.

KANCHIKERIMATH, M.; SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheatcowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India. **Agriculture, Ecosystems Environment**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 155–162, 2001.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 395-401, 1995.

LAL, R. et al. Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in North-West Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 15, p. 371-382, 1990.

LIMA, M. R. (Ed). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. 394 p.

LISBOA, B. B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e nitrogênio do solo afetadas por preparos do solo, sistemas de cultura e adubos nitrogenados**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 130 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LOVATO, T. et al. F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 175-187, 2004.

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

MAUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. **Spatial variabilities of soils and landforms**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. 270 p. (SSSA Special Publication, 28).

MEURER, E. J.; RHEINHEIMER, R. D.; BISSANI, C. A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E. J. (Org.) **Fundamentos de química do solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 116-162.

MIELNICZUK, J. A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. dos G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (Ed.). **Plantio direto**: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR-PRP/PG, 1997. p. 9-12.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1-8.

MIELNICZUK, J. et al. Interações fertilidade e conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM. Centro de Ciências Rurais, 2000. 15 p. 1 CD-ROM.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G. O.; PAVAN, M. A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 209-215, 1992.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **POTAFOS, Informações Agronômicas (Encarte Técnico)**, Piracicaba, n. 92, p. 1-8, 2000.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NUNEZ, J. E. V. et al. Consequências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um argissolo. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 101-109, 2003.

NYAKATAWA, E. Z.; REDDY, K. C.; BROWN, G. F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, p.159-171, 2001.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 65-70, 1997.

OLIVEIRA, E. L. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CURTI, N. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 393-486.

PANDOLFO, C. M. et al. Análise técnica de fontes de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 759-768, 2008.

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 491-495, 2003.

PEARSON, R. W. **Soil acidity and liming in the humid tropics**. Cornell: International Agriculture, 1975. 66 p. (Bulletin, 30).

PÖTTKER, D. Correção da acidez do solo no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p. 14-53.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 675-684, 1998.

QUAGGIO, J. A. et al. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 375-383, 1993.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 487-492, 2004.

RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

RAIJ, B. Van. et. al. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 28-31, 1977.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, n. 1-2, p. 131-167, 1997.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v. 22, p. 713-721, 1998.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

ROSA, D. P. **Comportamento dinâmico e mecânico do solo sob níveis diferenciados de escarificação e compactação**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J. C. M. Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 9-20.

SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 123 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução do solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v. 1, n. 1, p. 9 -13, 1999.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* (L.) em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 115-122, 1998.

SANTOS, H. P. et al. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1141-1146, 1997.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 289-295, 1998.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 251-256, 2003.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 545-552, 2003.

SANTOS, H. P.; LHAMBYLL, B. C. J; SPERA, T. S. Rendimentos de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 21-29, 2006.

SCHERER, E. E. et al. **Efeito da adubação com esterco de suínos, nitrogênio e fósforo em milho**. Florianópolis: EMPASC, 1984. 26 p. (Boletim Técnico, 24).

SCHERER, E. E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 48-53, 2001.

SCHERER, E. E.; NESI, N. C. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009.

SEGUY, L. et al. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 26 p.

SELLES, F. et al. Distribution of phosphorus fractions in Brazilian oxisol under different tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 23-34, 1997.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, M. J. Comportamento de um Latossolo Roxo distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 10, p. 1285-1293, 1984.

SIDIRAS, N; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

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

SILVA, J. C. P. et al. Teores de fósforo e potássio no solo em sistema de plantio direto sob adubação orgânica e química a longo prazo. In: FERTIBIO, REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. **Anais...** Lages: SBCS/UDESC, 2004.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Org.) **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 63-88.

SOMMERFELDT, T. G.; CHANG, C. Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 49, p. 983-987, 1985.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS. Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Características químicas do solo, disponibilidade e exportação de nutrientes e metais pesados e produtividade das culturas em sistemas de preparo do solo, de culturas e de adubação**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/ Departamento de Solos, 2008. (Relatório Técnico PRONEX-FAPERGS Edital 003/2004).

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p. 14-53.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Caracterização físico-química do solo de cada gleba, nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, antes da implantação dos tratamentos

Atributo	0 – 5 cm								5 – 10 cm								10 – 20 cm							
	I	II	III	IV	V	VI	VIII	M	I	II	III	IV	V	VI	VIII	M	I	II	III	IV	V	VI	VIII	M
Argila, %	28	28	28	28	32	35	35	31	28	28	30	33	35	35	34	32	29	32	31	32	35	36	36	33
Matéria orgânica, %	3,4	3,1	2,9	3,2	3,4	3,4	3,2	3,2	2,6	2,5	2,4	2,4	2,5	3,2	2,8	2,6	2,4	2,7	2,1	2,2	2,1	2,5	2,6	2,4
pH	5,3	5,4	5,1	5,4	5,3	5,3	5,4	5,3	5,4	5,4	5,0	5,0	5,2	5,1	5,4	5,2	5,6	5,2	5,1	5,1	5,2	5,1	5,3	5,2
Índice SMP	6,0	6,1	5,8	6,0	5,9	5,8	5,9	5,9	6,1	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8	6,0	5,9	6,2	5,9	5,8	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9
P (Mehlich-1), mg dm ⁻³	7,4	4,8	2,3	2,4	3,2	3,2	2,3	3,7	5,1	2,9	1,6	1,6	5,8	2,7	2,1	3,1	3,6	2,2	1,3	1,4	1,8	1,7	1,6	1,9
K trocável, mg dm ⁻³	190	236	193	257	230	201	184	213	158	176	116	197	152	143	116	151	155	137	95	116	114	93	85	114
Ca trocável, cmol _c dm ⁻³	3,4	3,5	2,8	3,2	3,3	1,8	2,0	2,9	3,0	3,2	2,7	2,6	2,8	1,2	2,0	2,5	3,4	3,3	2,4	2,8	2,4	1,4	2,0	2,5
Mg trocável, cmol _c dm ⁻³	1,7	1,8	1,4	1,4	1,6	0,9	1,0	1,4	1,3	1,5	1,4	1,2	1,4	0,8	0,9	1,2	1,6	1,6	1,2	1,4	1,3	0,7	0,9	1,2
Al trocável, cmol _c dm ⁻³	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3
H+Al. cmol _c dm ⁻³	3,6	3,5	4,3	3,8	4,1	4,5	3,9	4,0	3,3	3,6	4,3	4,3	5,1	4,3	3,6	4,1	3,2	3,9	4,3	4,1	4,3	4,2	4,0	4,0
CTC pH 7,0	9,1	9,3	8,9	9,1	9,6	7,6	7,4	8,7	8,0	8,7	8,7	8,6	9,7	6,1	6,8	8,1	8,5	9,1	8,0	8,5	8,4	6,4	7,0	8,0
Sat. por bases (V), %	61	64	52	59	57	42	47	55	59	59	51	50	47	30	47	49	63	57	47	52	49	36	44	50
Sat. por Al (m), %	2,2	0,5	4,0	1,1	2,6	1,4	1,4	1,9	1,1	1,1	4,6	3,5	3,1	1,6	1,5	2,4	0,0	2,2	6,2	4,1	4,8	3,1	2,1	3,2

Apêndice 2. Histórico de aplicação e componentes aportados pela cama de aviário nos tratamentos com adubação orgânica (Glebas IV e VIII)

Época	Cultura	Cama de aviário				Componentes					
		Base úmida	Base seca	C org.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Eq. CaCO ₃
----- kg ha ⁻¹ -----											
Verão 00/01	Soja	10.000	7.750	2.325	140	195	177	628	43	31	775
Inverno 01	S - AP+V ⁽¹⁾	2.100	1.630	488	29	41	37	132	9	7	210
	R - T	2.100	1.630	488	29	41	37	132	9	7	210
Verão 01/02	Milho - S	8.200	6.350	1.905	114	160	145	514	36	25	635
	Milho - R	11.700	9.100	2.730	164	229	207	737	51	36	910
Inverno 02	S - AP+V	2.070	1.600	480	29	40	36	130	9	6	160
	R - AB	3.450	2.670	801	48	67	61	216	15	11	267
Verão 02/03	Soja										
Inverno 03	S - AP+V	1.800	1.350	405	24	34	31	109	8	5	135
	R - T	1.800	1.350	405	24	34	31	109	8	5	135
Verão 03/04	Milho ⁽²⁾	7.500	6.000	1.740	146	275	230	132	60	24	480
Verão 05/06	Soja	1.400	1.100	319	29	50	42	35	11	4	88
Verão 06/07	Milho	14.200	10.800	3.780	259	396	285	184	85	37	648
Total S		47.270	36.578	11.442	780	1.191	984	1.924	261	140	3.131
Total R		52.150	40.398	12.588	849	1.288	1.071	2.233	282	155	3.513

⁽¹⁾ Culturas de inverno: S – sucessão de culturas: AP - aveia preta; V - vicia (ervilhaca); R – rotação de culturas: AB - aveia branca; T – trigo.

⁽²⁾ Após o verão 03/04, a seqüência de culturas foi a mesma das glebas V e VI (Apêndice 3), sem a aplicação de cama de aviário antes das culturas de inverno. Nas safras 03/04 e 06/07, foi aplicada a mesma dose de cama de aviário para o milho, independentemente do sistema de culturas de inverno.

Apêndice 3. Histórico de cultivos e quantidades de calcário, adubos e nutrientes aplicados nos tratamentos com adubação mineral (Glebas I, II, V e VI) ⁽³⁾

Época	Cultura	Calcário	Adubos						Nutrientes			
			Uréia	SFT	SFS	DAP	5-30-10	5-20-20	5-30-15	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		t ha ⁻¹	-----						kg ha ⁻¹ -----			
Set/00	-	5										
Verão 00/01	Soja			280								120
Inverno 01	S - AP+V ⁽¹⁾			220								90
	R - T			220								90
Verão 01/02	Milho - S		180					200		90	60	20
	Milho - R		290					200		140	60	20
Inverno 02	S - AP+V		66	75						30	30	
	R - AB		111	75						50	30	
Verão 02/03	Soja				300							54
Inverno 03	S - AP+V		50						100	27	20	20
	R - T		100						100	50	20	20
Verão 03/04	Milho ⁽²⁾		240				100			126	45	
Inverno 04	S - AP											
	R - AP											
Verão 04/05	Pousio											
Inverno 05	S - AP											
	R - AP											

Apêndice 3. Continuação

Época	Culturas	Calcário	Adubos						Nutrientes				
			Uréia	SFT	SFS	DAP	5-30-10	5-20-20	5-30-15	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
		t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹										
Verão 05/06	Soja			100								42	
Inverno 06	S - AP+V R - AB												
Verão 06/07	Milho		220			200				130		90	
Inverno 07	S - AP+V R - T												
Verão 07/08	Soja			100								42	
Inverno 08	S - AP+V R - AB												
Verão 08/09	Milho		270						280	134		84	42
Inverno 09	S - AP+V R - AB												
Verão 09/10	Soja								125	6		38	19
Inverno 10	S - Az R - Az												
Total S		5	1.026	775	300	300	200	100	405	543		715	101
Total R		5	1.231	775	300	300	200	100	405	636		715	101

⁽¹⁾ Culturas de inverno: S – sucessão de culturas: AP - aveia preta; V - vica (ervilhaca); Az - azevém; R – rotação de culturas: AB - aveia branca; T - trigo.

⁽²⁾ A partir da safra 03/04, em cada cultivo, foi aplicada a mesma dose de N para o milho, independentemente do sistema de culturas de inverno.

⁽³⁾ Na gleba III (pousio de inverno), somente foi feita a adubação para as culturas de verão, nas mesmas doses que as demais glebas.

Apêndice 4. Caracterização química da cama de aviário utilizada (três lotes) e quantidades totais de elementos aportados no período para os tratamentos com adubação orgânica

Característica	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Quantidade (kg ha ⁻¹)	
				S	R
Umidade, %	22,5	22	24	-	-
C orgânico, %	30	29	35	11.442	12.588
N total (TKN), %	1,8	2,6	2,4	780	849
P ₂ O ₅ total, %	2,52	4,58	3,66	1.191	1.288
K ₂ O total, %	2,28	3,84	2,64	984	1.071
Ca total, %	8,1	3,2	1,7	1.924	2.233
Mg total, %	0,56	1	0,79	261	282
S total, %	0,40	0,40	0,34	140	155
Fe total, %	0,11	0,53	0,95	161	165
Na total, %	0,76	0,64	0,33	223	252
Cu total, mg/kg	61	524	281	7,9	8,1
Zn total, mg/kg	454	508	287	15,2	16,9
Mn total, mg/kg	448	816	457	19,1	20,8
B total, mg/kg	17	22	32	0,82	0,88
Cd total, mg/kg	nd ⁽¹⁾	nd	0,3	0,011	0,012
Cr total, mg/kg	nd	Nd	11	0,40	0,44
Ni total, mg/kg	nd	nd	13	0,48	0,53
Pb total, mg/kg	nd	nd	4	0,15	0,16
VN, %	10	8	6	3.131 ⁽²⁾	3.513 ⁽²⁾
pH	8,8	8,7	8,9	-	-
Registro LAS	202/2000	357/2003	001/2007	-	-
Época de uso	Ver. 00/01 a Inv. 03	Ver. 03/04 a Ver. 05/06	Ver. 06/07	-	-

Observações: ⁽¹⁾ nd – não determinado; ⁽²⁾ Eq CaCO₃; S – sucessão de culturas; R – rotação de culturas.

Apêndice 5. Quantidades cumulativas dos elementos N, P, K e C orgânico e de equivalente CaCO_3 aplicadas para os tratamentos com adubação mineral e orgânica e sistemas de culturas.

Elemento	Adubação mineral		Adubação orgânica	
	Sucessão	Rotação	Sucessão	Rotação
N, kg ha^{-1}	543	636	780	849
P_2O_5 , kg ha^{-1}	715	715	1.191	1.288
K_2O , kg ha^{-1}	101	101	984	1.071
C orgânico, t ha^{-1}	-	-	11,4	12,6
Eq CaCO_3 , t ha^{-1}	3,7	3,7	3,13	3,50

Apêndice 6. Quantidades de insumos e respectivos componentes (equivalente em corretivo de acidez, nutrientes e metais pesados) adicionados nos tratamentos com adubação de campo nativo

Insumo / componente	Adubação orgânica	Adubação mineral
----- Insumo – kg ha ⁻¹ -----		

Cama de frangos ⁽¹⁾	14.100	-
Calcário	-	5.000
Uréia	-	330
Superfosfato triplo	-	760
----- Componente – kg ha ⁻¹ -----		
--		
Eq.CaCO ₃	1.314	3.500
C orgânico	4.350	-
N	268	150
P ₂ O ₅	353	330
K ₂ O	332	-
Ca	989	nd ⁽²⁾
Mg	84	nd
S	55	nd
Na	97	nd
Cu	1,39	nd
Zn	6,00	nd
Mn	6,34	nd
----- Componente – g ha ⁻¹ -----		

B	276	nd
Cd	4,2	nd
Cr	155	nd
Ni	183	nd
Pb	56	nd

¹⁾ base seca; ⁽²⁾ não determinado.

Apêndice 7. Teor de matéria orgânica do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
----- % (m/v) -----																						
2000	0-5	3,4	3,4	3,4	3,1	3,1	3,1	2,9	2,9	2,9	3,2	3,2	3,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2
	5-10	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	3,2	3,2	3,2	2,8	2,8	2,8
	10-20	2,4	2,4	2,4	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
2001	0-5	2,3	3,2	3,1	2,8	3,0	3,1	2,5	2,7	2,7	2,5	2,9	3,2	2,7	3,3	3,6	2,9	3,3	3,6	3,0	3,3	3,7
	5-10	2,6	2,8	2,5	2,7	2,8	2,5	2,4	2,3	2,2	2,8	2,6	2,3	2,7	2,9	3,0	2,7	2,8	2,7	2,9	3,1	3,0
	10-20	2,3	2,2	2,1	2,1	2,3	2,2	2,1	1,9	1,9	2,5	2,2	2,2	2,8	2,6	2,7	2,8	2,5	2,4	2,8	2,8	2,5
2002	0-5	2,4	3,3	3,6	2,8	3,6	3,5	2,9	3,4	3,5	3,1	3,9	4,0	3,2	3,9	4,1	3,2	3,8	3,9	3,4	3,2	5,9
	5-10	2,6	3,0	2,5	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	2,2	3,0	3,4	3,0	3,2	3,5	3,3	3,2	2,5	3,3	3,2	3,4	3,6
	10-20	2,3	2,5	2,3	2,4	2,6	2,6	2,4	2,4	2,4	2,6	2,4	2,6	2,6	2,9	2,9	2,8	2,6	2,7	2,9	3,4	2,2
2003	0-5	2,4	2,7	3,4	2,6	3,5	4,0	2,8	3,1	3,8	3,0	4,3	3,5	3,2	3,7	3,9	3,2	4,0	3,7	3,1	3,7	4,0
	5-10	2,3	2,1	2,5	2,5	3,1	2,0	2,6	3,0	2,7	3,0	3,0	2,6	3,1	3,4	2,9	2,8	3,2	2,7	2,9	3,2	2,8
	10-20	2,2	1,7	1,6	2,6	2,5	2,3	2,8	2,7	2,3	2,8	2,5	2,0	3,2	2,9	2,6	2,7	2,5	2,4	2,8	2,7	2,5
2004	0-5	3,2	3,6	4,6	3,2	3,6	4,2	3,4	3,3	4,0	3,1	4,3	4,9	3,0	3,6	4,0	2,9	4,0	4,7	3,3	3,6	4,5
	5-10	2,6	2,8	3,0	2,6	3,1	2,8	3,1	2,8	3,0	3,0	3,5	3,1	2,6	3,2	3,0	2,5	2,6	3,2	2,8	2,8	3,3
	10-20	2,5	2,6		2,4	2,4		2,5	2,5		2,8	2,8		2,4	2,6		2,4	2,6		2,9	2,6	
2006	0-5	2,5	3,0	4,6	2,7	3,2	4,6	2,7	3,2	3,8	2,8	3,4	5,7	2,5	3,3	4,4	2,7	2,9	4,2	3,1	4,0	5,1
	5-10	2,9	2,8	2,8	2,5	2,9	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	3,3	3,3	2,7	3,0	3,6	2,4	2,6	3,1	2,7	3,0	3,3
	10-20	3,1	2,4	2,1	2,4	2,5	2,5	2,3	2,8	2,3	2,7	2,7	2,5	2,5	2,8	2,5	2,6	2,7	2,0	2,7	2,4	2,4
2008	0-5	2,8	2,9	4,0	3,3	4,0	3,8	3,1	3,6	3,8	3,3	5,1	6,0	3,0	2,9	3,9	3,6	4,0	4,7	5,0	5,1	5,2
	5-10	3,1	2,4	2,7	3,1	3,2	3,0	3,2	4,3	3,0	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	3,3	2,7	2,8	2,9	2,8	3,5	3,7
	10-20	2,6	2,3	2,4	2,9	2,9	2,9	3,0	2,5	2,8	2,7	2,5	2,5	1,6	2,6	2,5	3,0	2,5	2,4	3,4	2,7	2,6
2010	0-5	2,6	3,0	4,4	2,5	3,1	4,1	2,5	2,7	4,4	2,7	3,3	4,9	2,6	3,2	4,4	2,7	3,3	5,2	2,5	3,9	5,1
	5-10	2,2	2,3	2,9	2,4	2,5	3,1	2,4	2,6	2,8	2,5	3,0	3,1	2,3	2,9	3,1	2,2	2,8	3,7	2,4	3,2	3,6
	10-20	2,0	2,0	2,4	2,2	2,2	2,5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,0	2,1	2,2	2,1	2,4	2,4	2,2	2,4	2,3

Apêndice 8. Valor de pH do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
2000	0-5	5,2	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4	5,1	5,1	5,1	5,4	5,4	5,4	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4
	5-10	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,4	5,4	5,4
	10-20	5,6	5,6	5,6	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2
2001	0-5	6,4	6,5	6,5	6,0	6,2	6,3	6,1	6,5	6,4	5,5	5,5	5,6	6,1	6,2	6,6	6,0	6,6	6,6	5,6	5,6	5,9
	5-10	6,4	6,6	5,8	6,1	6,0	5,4	6,1	6,2	5,7	5,4	5,3	5,5	6,2	6,1	5,6	6,0	6,5	5,6	5,6	5,5	5,4
	10-20	6,2	6,0	5,7	5,7	5,6	5,2	5,9	5,6	5,3	5,5	5,1	5,0	6,3	5,5	5,4	6,1	6,0	5,2	5,6	5,3	5,4
2002	0-5	6,5	6,8	7,0	6,2	6,6	7,0	6,2	6,5	6,9	6,3	6,2	6,3	6,2	6,4	6,8	6,4	6,6	6,8	6,4	6,3	6,7
	5-10	6,8	6,8	6,1	6,2	6,1	6,0	6,4	6,3	5,7	6,1	5,6	5,5	6,4	6,4	5,8	6,4	6,2	5,8	6,1	5,8	5,8
	10-20	6,6	6,0	5,9	5,7	5,3	5,6	5,8	5,6	5,4	5,5	5,1	5,3	6,0	5,6	5,6	6,0	5,5	5,4	5,8	5,5	5,6
2003	0-5	6,1	6,4	6,5	6,0	6,0	6,5	6,2	6,6	6,7	5,8	6,1	6,2	5,9	6,0	6,7	5,9	5,8	6,6	6,1	6,3	6,3
	5-10	6,1	6,6	6,0	5,9	6,0	5,8	6,1	6,5	5,9	5,7	5,8	5,5	6,0	5,9	5,7	5,8	6,1	5,7	6,0	6,2	5,7
	10-20	6,2	6,2	5,7	5,8	5,5	5,5	6,0	6,3	5,5	5,6	5,4	5,2	5,9	5,5	5,3	5,8	5,4	5,2	5,8	5,6	5,3
2004	0-5	6,0	6,3	6,6	5,7	6,1	6,6	5,9	6,2	6,9	5,8	5,9	6,4	5,8	6,1	6,8	5,7	5,9	6,8	5,9	6,2	6,5
	5-10	6,1	6,2	6,2	5,7	6,1	6,0	6,0	6,0	6,2	5,8	5,9	5,9	5,7	6,1	6,2	5,8	5,9	6,1	6,0	6,0	6,2
	10-20	6,0	6,1		5,7	5,8		5,9	5,8		5,9	5,5		5,9	6,0		5,8	5,8		6,1	6,1	
2006	0-5	5,7	6,1	6,2	5,7	5,6	6,1	5,9	6,2	6,7	5,7	6,0	6,2	5,7	5,8	6,5	5,7	5,8	6,3	5,9	6,1	6,5
	5-10	5,6	6,0	5,8	5,5	5,5	6,0	5,6	5,9	6,4	5,6	5,8	5,9	5,5	5,7	6,7	5,5	5,5	6,2	5,8	6,0	6,3
	10-20	5,7	5,9	5,9	5,4	5,7	5,6	5,7	5,7	5,6	5,5	5,7	5,4	5,6	5,6	6,0	5,5	5,7	5,5	5,8	6,0	5,8
2008	0-5	5,8	6,2	6,3	5,6	5,6	6,3	6,1	6,0	6,4	5,5	5,7	5,9	5,6	5,7	6,3	5,6	5,8	6,3	5,8	6,0	6,2
	5-10	5,6	6,1	5,8	5,4	5,6	5,8	5,7	5,9	5,8	5,3	5,7	5,5	5,4	5,5	5,5	5,5	5,7	5,7	5,8	5,9	5,9
	10-20	5,6	6,0	5,3	5,5	5,2	5,3	5,7	5,4	5,0	5,4	5,3	5,3	5,6	5,4	5,2	5,5	5,4	5,3	5,7	5,8	5,5
2010	0-5	6,0	6,2	6,4	5,9	5,9	6,3	6,2	6,3	6,3	5,8	5,6	6,1	6,2	6,2	6,5	6,2	6,1	6,2	5,9	6,2	6,4
	5-10	5,9	6,2	6,2	5,7	5,8	6,3	5,9	5,8	6,3	5,5	5,5	6,0	6,0	6,1	6,0	5,8	5,8	6,3	5,8	6,1	6,4
	10-20	6,0	6,2	5,9	5,8	5,8	5,9	5,7	5,6	5,8	5,7	5,6	5,7	5,7	6,0	5,5	5,8	5,6	6,0	5,8	6,0	6,1

Apêndice 9. Valor do índice SMP do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
2000	0-5	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	5,8	5,8	5,8	6,0	6,0	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9
	5-10	6,1	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,6	5,6	5,6	5,8	5,8	5,8	6,0	6,0	6,0
	10-20	6,2	6,2	6,2	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9
2001	0-5	6,7	6,9	6,8	6,7	6,8	6,8	6,7	6,9	7,0	6,3	6,4	6,5	6,7	6,7	6,9	6,6	7,0	7,0	6,3	6,3	6,6
	5-10	6,8	6,9	6,5	6,7	6,6	6,3	6,6	6,8	6,4	6,3	6,3	6,2	6,8	6,7	6,3	6,6	6,9	6,3	6,3	6,3	6,2
	10-20	6,8	6,6	6,5	6,5	6,3	6,2	6,5	6,4	6,2	6,3	6,1	6,2	6,7	6,3	6,3	6,7	6,5	6,1	6,4	6,2	6,3
2002	0-5	6,6	6,9	6,9	6,5	6,8	6,9	6,5	6,7	6,9	6,5	6,5	6,5	6,6	6,7	6,7	6,6	6,7	6,8	6,5	6,6	6,7
	5-10	6,9	6,9	6,5	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5	6,2	6,4	6,0	6,1	6,8	6,6	6,2	6,5	6,4	6,2	6,5	6,1	6,2
	10-20	6,7	6,4	6,4	6,2	6,1	6,3	6,3	6,2	6,0	5,9	5,7	6,0	6,3	6,1	6,1	6,3	5,9	6,0	6,2	5,8	6,1
2003	0-5	6,6	6,7	6,8	6,5	6,6	6,8	6,7	6,9	7,0	6,4	6,5	6,6	6,3	6,4	7,0	6,4	6,6	6,7	6,5	6,7	6,8
	5-10	6,7	6,9	6,5	6,4	6,6	6,4	6,6	6,8	6,3	6,4	6,3	6,1	6,5	6,4	6,0	6,6	6,6	6,2	6,7	6,7	6,4
	10-20	6,8	6,5	6,5	6,5	6,2	6,2	6,6	6,6	6,1	6,3	6,1	6,0	6,5	6,3	6,1	6,1	6,5	6,1	6,4	6,1	6,1
2004	0-5	6,4	6,6	7,0	6,1	6,5	7,1	6,6	6,8	7,0	6,2	6,5	6,9	5,9	6,5	7,1	6,3	6,5	7,0	6,6	6,7	6,9
	5-10	6,6	6,8	6,7	6,6	6,5	6,6	6,6	6,6	6,7	6,3	6,4	6,5	6,5	6,7	6,4	6,5	6,5	6,4	6,4	6,7	6,6
	10-20	6,7	6,7		6,6	6,5		6,6	6,5		6,5	6,3		6,4	6,5		6,4	6,5		6,5	6,5	
2006	0-5	6,2	6,4	6,5	6,1	6,0	6,4	6,3	6,5	6,9	6,3	6,2	6,5	6,3	6,3	6,8	6,3	6,3	6,7	6,4	6,6	6,7
	5-10	6,0	6,4	6,4	6,0	6,2	6,3	6,0	6,3	6,6	6,1	6,1	6,4	6,3	6,3	6,9	6,2	6,2	6,6	6,5	6,7	6,7
	10-20	6,1	6,2	6,2	6,1	6,2	5,9	6,3	6,2	5,9	6,2	6,2	6,0	6,2	6,2	6,5	6,2	6,4	6,3	6,4	6,4	6,6
2008	0-5	6,5	6,7	6,8	6,5	6,5	6,7	6,6	6,7	6,9	6,4	6,5	6,4	6,4	6,7	6,3	6,4	6,8	6,6	6,5	6,7	
	5-10	6,5	6,7	6,6	6,4	6,0	6,6	6,6	6,5	6,6	6,3	6,4	6,3	6,5	6,3	6,4	6,3	6,5	6,7	6,6	6,4	6,6
	10-20	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,6	6,4	6,1	6,5	6,2	6,3	6,3	6,4	6,2	6,4	6,4	6,4	6,5	6,6	6,5
2010	0-5	6,5	6,6	6,6	6,4	6,2	6,6	6,4	6,5	6,6	6,2	6,1	6,4	6,5	6,6	6,7	6,4	6,4	6,6	6,4	6,6	6,6
	5-10	6,3	6,6	6,5	6,2	6,2	6,5	6,4	6,2	6,6	6,2	6,1	6,5	6,3	6,5	6,4	6,1	6,1	6,5	6,3	6,6	6,6
	10-20	6,3	6,6	6,4	6,2	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,4	6,2	6,3	6,5	6,5	6,4	6,6	6,4

Apêndice 10. Teor de fósforo do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
----- mg dm ⁻³ -----																						
2000	0-5	7,4	7,4	7,4	4,3	4,3	4,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	5-10	5,1	5,1	5,1	2,9	2,9	2,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	5,8	5,8	5,8	2,7	2,7	2,7	2,1	2,1	2,1
	10-20	3,6	3,6	3,6	2,2	2,2	2,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
2001	0-5	13	10	25	16	9,5	9,0	4,1	5,3	6,1	8,2	16	26	24	14	8,2	19	7,3	8,7	5,8	12	25
	5-10	7,2	6,7	13	5,3	6,4	3,1	3,4	8,9	3,6	6,8	5,4	5,6	7,1	5,3	5,6	4,7	13	13	6,3	5,1	2,3
	10-20	4,8	4,4	4,9	4,5	2,7	2,7	3,5	11	2,1	4,3	2,7	2,9	8,2	4,5	3,0	3,8	4,4	2,6	5,9	2,6	1,6
2002	0-5	8,4	13	9,4	7,6	8,4	7,4	3,3	3,2	7,8	30	52	67	5,6	5,7	8,3	9,1	6,7	7,9	32	55	67
	5-10	5,9	8,0	3,6	2,5	2,7	3,5	1,5	2,0	4,1	15	7,7	2,1	3,0	2,2	5,5	2,2	2,3	4,1	17	6,9	4,5
	10-20	3,0	3,8	1,6	1,4	1,2	1,7	1,0	2,1	0,9	2,8	1,1	1,8	1,8	2,8	1,5	1,5	1,1	1,2	6,5	1,7	1,7
2003	0-5	17	15	16	7,1	14	14	3,7	8,5	8,3	18	86	49	9,1	21	16	13	16	14	18	42	63
	5-10	9,5	9,4	9,3	4,5	4,1	6,4	3,4	6,5	3,3	9,6	20	4,9	5,7	5,9	14	7,5	7,6	8,4	8,8	25	5,8
	10-20	7,8	4,6	4,9	3,3	3,4	4,2	3,7	2,1	2,1	8,8	7,8	2,6	5,5	7,5	4,5	4,8	2,9	2,7	11	3,5	2,6
2004	0-5	15	30	16	12	17	23	6,3	5,9	8,3	25	57	100	9,4	20	21	7,4	30	35	26	48	100
	5-10	6,3	7,0	4,0	2,3	5,1	7,7	5,3	3,2	11	23	25	23	6,0	7,7	17	4,3	6,2	7,8	17	26	19
	10-20	5,7	3,6		2,3	2,6		2,1	3,3		22	14		3,8	6,4		2,7	2,9		23	7,9	
2006	0-5	16	26	24	24	15	20	9,6	22	15	14	25	16	18	40	24	19	33	35	21	68	100
	5-10	18	22	12	11	14	11	15	11	16	12	28	16	7,6	9,9	20	13	17	13	19	57	40
	10-20	8,5	12	7,5	6,6	9,5	10	5,3	5,5	5,2	10	17	8,9	6,6	6,7	12	8,3	6,9	8,2	19	16	9,9
2008	0-5	21	22	26	17	19	23	8,8	13	17	16	63	53	13	15	38	23	22	27	37	36	74
	5-10	9,3	10	9,8	6,6	8,0	8,1	5,8	5,8	11	10	34	11	8,2	6,9	6,9	6,6	7,3	8,8	23	21	16
	10-20	6,8	9,1	6,5	4,7	5,5	5,2	4,4	4,8	4,6	5,5	8,0	5,8	5,6	5,3	5,7	4,9	5,2	5,9	16	4,7	4,1
2010	0-5	9,0	14,4	10,8	4,0	6,5	5,7	1,6	1,6	5,7	12,8	19,2	67,1	4,8	9,0	15,3	7,3	5,7	13,5	13,5	26,4	49,1
	5-10	7,3	6,5	5,7	4,0	2,4	1,6	1,6	1,6	10,8	8,2	13,5	14,4	4,0	5,7	4,8	3,2	3,2	4,8	12,6	25,4	32,1
	10-20	4,8	4,8	2,4	3,2	1,6	4,8	1,6	1,6	2,4	7,3	6,5	3,2	1,6	2,4	3,2	1,6	2,4	2,4	9,0	9,0	6,5

Apêndice 11. Teor de potássio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
----- mg dm ⁻³ -----																						
2000	0-5	190	190	190	236	236	236	193	193	193	257	257	257	231	231	231	201	201	201	184	184	184
	5-10	158	158	158	176	176	176	116	116	116	197	197	197	152	152	152	143	143	143	116	116	116
	10-20	156	156	156	136	136	136	95	95	95	116	116	116	114	114	114	93	93	93	85	85	85
2001	0-5	228	239	245	285	181	159	165	178	145	224	253	258	266	234	209	249	244	179	297	275	228
	5-10	157	172	187	148	130	123	167	160	143	103	148	191	194	164	176	142	171	159	176	214	174
	10-20	150	139	157	125	95	108	137	138	133	98	115	147	157	121	157	135	127	142	139	175	126
2002	0-5	332	222	240	299	275	258	281	294	246	363	499	396	339	247	246	383	227	297	377	316	308
	5-10	142	132	136	135	113	157	136	151	141	177	231	191	180	134	121	162	106	169	200	160	206
	10-20	103	102	96	97	74	123	86	76	105	95	79	118	96	88	121	106	64	115	143	95	138
2003	0-5	228	239	218	278	285	313	236	242	219	341	363	291	232	257	219	302	288	250	252	291	246
	5-10	179	192	166	146	191	147	158	204	137	228	259	210	168	172	148	164	173	145	203	261	180
	10-20	146	106	124	146	116	112	141	172	110	192	201	153	155	131	102	149	119	101	179	156	152
2004	0-5	321	313	248	327	327	287	283	303	258	367	400	305	315	336	270	302	336	342	284	295	291
	5-10	193	187	168	219	269	192	237	205	167	295	320	225	219	263	154	229	247	231	250	242	245
	10-20	132	154		170	236		157	154		235	274		150	178		145	188		214	248	
2006	0-5	215	221	263	240	264	246	204	295	219	256	239	226	235	212	258	237	284	232	262	307	268
	5-10	214	190	190	167	190	137	191	240	165	194	191	151	160	160	227	166	174	151	243	264	213
	10-20	113	145	115	134	158	107	146	164	81	188	189	142	106	142	97	107	118	121	216	223	172
2008	0-5	254	233	235	314	276	239	284	257	249	332	318	265	284	271	230	341	295	241	392	285	287
	5-10	164	134	129	195	173	146	169	179	134	197	225	151	167	162	101	151	165	131	255	225	203
	10-20	140	103	85	138	138	106	128	100	82	142	172	119	104	113	72	130	117	122	240	191	148
2010	0-5	238	249	215	277	254	220	260	231	203	235	250	217	224	206	219	266	241	224	230	252	264
	5-10	197	206	184	220	210	174	196	176	162	187	182	195	210	190	160	222	203	202	210	207	215
	10-20	143	162	127	192	180	55	126	117	92	157	150	145	140	133	108	149	156	136	197	170	165

Apêndice 12. Teor de cálcio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
-----cmol _c dm ⁻³ -----																						
2000	0-5	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	2,8	2,8	2,8	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0
	5-10	3,0	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0
	10-20	3,4	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8	2,6	2,6	2,6	1,4	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0
2001	0-5	4,2	5,5	6,7	4,2	4,5	6,1	4,4	5,3	6,6	4,4	5,0	5,4	4,3	4,8	7,0	4,3	6,1	6,1	4,4	4,4	5,4
	5-10	4,4	5,9	4,1	4,6	4,6	3,4	4,2	4,5	3,5	3,6	4,3	3,4	4,1	4,7	3,6	4,4	5,5	3,2	4,7	4,1	3,7
	10-20	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5	2,9	3,7	3,3	2,7	4,5	3,5	2,8	4,7	3,4	2,9	4,2	4,1	2,8	4,7	3,2	3,4
2002	0-5	4,1	5,4	6,2	3,6	5,2	6,3	3,4	4,5	6,2	4,3	5,9	5,8	1,6	4,4	5,5	3,2	4,7	5,3	4,5	5,1	3,4
	5-10	4,7	5,2	4,3	3,8	4,5	4,1	3,7	4,2	3,0	4,5	4,3	3,1	3,9	4,3	3,0	3,9	3,8	3,1	4,5	3,5	3,5
	10-20	3,9	3,6	3,6	2,8	2,4	3,1	3,0	3,0	2,4	3,2	2,7	2,5	3,2	3,0	2,6	3,1	2,9	2,4	3,6	3,1	2,7
2003	0-5	4,6	5,2	5,5	4,1	4,7	6,4	4,3	5,3	5,9	4,4	6,0	6,3	3,8	4,2	6,7	4,1	4,3	6,1	4,7	5,5	6,2
	5-10	4,6	5,1	4,3	3,8	4,6	4,1	4,6	5,1	3,5	4,6	5,3	3,4	4,0	3,9	4,1	4,2	4,8	3,6	4,8	5,5	3,6
	10-20	4,0	4,1	3,7	3,7	3,4	3,6	4,4	4,8	2,9	4,8	3,8	2,7	3,9	3,5	2,9	4,1	3,7	2,7	4,8	3,9	2,9
2004	0-5	4,1	5,1	6,6	3,4	4,5	6,7	3,8	4,0	6,7	4,7	5,3	8,1	3,3	4,5	6,0	3,3	4,1	7,4	4,4	5,7	7,8
	5-10	4,4	4,7	4,7	3,9	4,7	5,1	3,9	4,0	4,5	4,9	5,1	5,0	3,6	4,6	5,1	3,6	4,0	4,4	5,0	5,1	5,1
	10-20	4,5	4,4		3,6	3,8		3,9	3,8		4,8	4,1		3,8	4,2		3,4	3,8		4,9	4,8	
2006	0-5	3,4	4,3	7,4	4,0	4,8	7,9	4,0	7,5	7,4	3,6	6,7	11,5	4,0	4,4	9,3	4,2	5,0	8,9	5,2	8,9	13,8
	5-10	4,5	4,6	4,3	3,1	5,1	4,1	4,0	5,1	5,8	4,1	5,3	5,3	3,5	4,0	8,6	3,7	4,1	5,8	5,2	7,1	8,4
	10-20	2,6	4,8	3,6	3,0	3,9	4,1	4,6	3,9	3,1	4,0	4,4	3,2	3,0	3,7	5,2	3,4	4,3	3,8	6,5	5,5	5,2
2008	0-5	3,7	4,7	6,5	3,7	4,5	7,1	4,4	5,2	7,2	4,9	6,5	7,0	3,9	4,6	8,1	4,6	4,9	8,3	5,1	5,8	10,7
	5-10	3,9	4,9	4,3	3,5	3,8	4,0	4,3	5,0	4,7	4,6	5,7	3,8	3,9	3,6	4,3	3,2	3,9	4,1	4,7	5,6	5,5
	10-20	4,1	4,7	3,4	3,4	3,3	3,3	3,8	3,7	2,7	4,3	3,7	3,3	3,8	3,4	3,6	3,2	3,7	3,8	5,4	4,3	3,5
2010	0-5	3,5	4,2	5,5	2,7	3,5	4,4	3,2	3,7	5,2	3,9	3,7	5,9	3,8	3,7	5,2	3,4	3,7	6,0	4,4	4,8	7,2
	5-10	3,7	3,5	4,0	2,9	3,0	4,3	3,5	3,3	4,0	3,9	3,6	4,5	2,8	3,4	3,6	3,0	2,9	4,5	4,2	5,5	6,7
	10-20	3,7	3,6	3,5	3,2	3,2	3,4	3,5	3,3	2,8	4,0	3,4	3,5	2,8	3,0	3,0	3,2	2,8	3,9	4,1	5,2	5,2

Apêndice 13. Teor de magnésio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII			
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	
----- cmol _c dm ⁻³ -----																							
2000	0-5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
	5-10	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	0,9	
	10-20	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	
2001	0-5	1,8	2,4	3,0	1,8	2,0	2,6	2,1	2,4	3,1	2,0	2,3	2,6	2,0	2,3	3,0	1,9	2,7	2,5	2,0	2,0	2,4	
	5-10	2,0	2,6	1,8	2,1	2,1	1,5	1,8	2,1	1,6	1,7	2,1	1,6	1,8	2,1	1,6	2,0	2,5	1,6	2,3	1,9	1,6	
	10-20	2,1	1,8	1,6	1,6	1,6	1,4	1,7	1,6	1,2	2,0	1,6	1,3	2,1	1,6	1,3	2,0	1,8	1,3	2,1	1,5	1,6	
2002	0-5	2,4	2,6	2,7	2,2	2,6	2,8	2,2	2,5	3,1	1,9	2,2	2,3	2,2	2,5	2,7	2,2	2,5	2,6	1,9	1,9	2,2	
	5-10	2,6	2,6	2,1	2,4	2,5	2,3	2,4	2,3	2,0	1,7	1,7	1,6	2,4	2,7	1,9	2,2	2,3	2,0	1,8	1,9	1,8	
	10-20	2,5	2,2	2,2	2,0	1,8	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	2,1	2,1	1,8	2,2	2,0	1,7	1,7	1,6	1,7	
2003	0-5	2,3	2,4	2,4	2,3	2,5	2,6	2,3	2,7	2,9	1,8	2,4	2,0	2,0	2,1	2,9	2,1	2,2	2,8	1,6	1,7	1,8	
	5-10	2,3	2,3	2,1	2,2	2,5	2,1	2,5	2,5	1,8	1,8	1,6	1,8	2,0	2,1	2,0	2,0	2,5	1,9	1,6	1,7	1,6	
	10-20	2,2	2,2	2,0	2,2	2,1	1,8	2,5	2,5	1,8	1,9	1,6	1,7	2,1	2,0	1,7	2,2	2,1	1,6	1,6	1,7	1,6	
2004	0-5	2,2	2,6	2,9	1,9	2,2	2,9	2,0	2,1	2,7	1,7	1,8	2,0	1,9	2,4	2,8	1,8	2,1	3,1	1,5	1,6	2,0	
	5-10	2,1	2,2	2,2	1,8	2,3	2,2	1,9	1,9	2,1	1,6	1,7	1,7	1,8	2,2	2,3	1,4	1,8	2,0	1,4	1,4	1,6	
	10-20	2,1	2,1		1,8	1,9		1,9	1,9		1,5	1,5		2,0	2,2		1,8	1,9		1,4	1,6		
2006	0-5	1,9	2,3	3,6	2,4	2,9	4,5	2,2	4,0	3,7	1,5	2,7	3,6	2,6	2,5	5,1	2,6	2,9	5,1	2,1	2,9	3,3	
	5-10	2,4	2,4	2,3	2,0	3,1	2,3	2,1	2,6	2,9	1,7	2,1	1,9	2,3	2,5	4,6	2,3	2,5	3,3	2,0	2,4	2,4	
	10-20	1,6	2,7	2,2	2,0	2,5	2,7	2,7	2,1	2,0	1,7	1,8	1,6	2,1	2,5	3,1	2,2	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	
2008	0-5	2,0	2,3	3,1	2,5	2,5	3,7	2,7	2,8	3,7	2,0	2,3	2,1	2,5	2,7	3,8	2,8	2,9	4,4	2,1	2,1	3,1	
	5-10	2,2	2,5	2,3	2,2	2,3	2,3	2,6	2,9	2,6	1,8	2,0	1,6	2,4	2,1	2,6	2,0	2,3	2,4	1,6	1,9	2,1	
	10-20	2,3	2,5	2,2	2,3	2,2	2,2	2,5	2,4	1,8	1,7	1,6	1,8	2,4	2,1	2,5	2,1	2,4	2,6	1,9	1,7	1,9	
2010	0-5	1,2	1,3	2,1	1,1	1,2	1,6	1,3	1,5	2,2	0,9	1,1	1,3	1,5	1,5	2,3	1,4	1,3	2,7	0,9	1,2	1,5	
	5-10	1,2	1,2	1,6	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,7	0,9	0,8	1,1	1,1	1,4	1,6	1,0	1,1	1,9	1,0	1,1	1,2	
	10-20	1,2	1,3	1,5	1,3	1,0	1,4	1,4	1,4	1,3	1,0	0,7	1,0	1,1	1,2	1,6	1,3	1,2	1,4	0,8	0,9	1,2	

Apêndice 14. Teor de alumínio do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
		----- cmol _c dm ⁻³ -----																				
2000	0-5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2001	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1
2002	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
2003	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2
2004	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10-20	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
2010	0-5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5-10	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
	10-20	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0

Apêndice 15. Valor de H+Al do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
----- cmol _c dm ⁻³ -----																						
2000	0-5	3,6	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4	4,3	4,3	4,3	3,8	3,8	3,8	4,1	4,1	4,1	4,5	4,5	4,5	3,9	3,9	3,9
	5-10	3,3	3,3	3,3	3,6	3,6	3,6	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,1	5,1	5,1	4,3	4,3	4,3	3,6	3,6	3,6
	10-20	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9	3,9	4,3	4,3	4,3	4,1	4,1	4,1	4,3	4,3	4,3	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0
2001	0-5	1,9	1,6	1,7	1,9	1,7	1,7	1,9	1,6	1,4	2,7	2,5	2,3	1,9	1,9	1,6	2,1	1,4	1,4	2,7	2,7	2,1
	5-10	1,7	1,6	2,3	1,9	2,1	2,7	2,1	1,7	2,5	2,7	2,7	3,0	1,7	1,9	2,7	2,1	1,6	2,7	2,7	2,7	3,0
	10-20	1,7	2,1	2,3	2,3	2,7	3,0	2,3	2,5	3,0	2,7	3,3	3,0	1,9	2,7	2,7	1,9	2,3	3,3	2,5	3,0	2,7
2002	0-5	2,1	1,6	1,6	2,3	1,7	1,6	2,3	1,9	1,6	2,3	2,3	2,3	2,1	1,9	1,9	2,1	1,9	1,7	2,3	2,1	1,9
	5-10	1,6	1,6	2,3	2,5	2,3	2,5	2,3	2,3	3,0	2,5	3,6	3,3	1,7	2,1	3,0	2,3	2,5	3,0	2,3	3,3	3,0
	10-20	1,9	2,5	2,5	3,0	3,3	2,7	2,7	3,0	3,6	3,9	4,7	3,6	2,7	3,3	3,3	2,7	3,9	3,6	3,0	4,3	3,3
2003	0-5	2,1	1,9	1,7	2,3	2,1	1,7	1,9	1,6	1,4	2,5	2,3	2,1	3,1	2,8	1,4	2,8	2,2	2,0	2,5	2,0	1,7
	5-10	1,9	1,6	2,3	2,5	2,1	2,5	2,1	1,7	2,7	2,5	2,7	3,3	2,5	2,8	4,4	2,2	2,2	3,5	2,0	2,0	2,8
	10-20	1,7	2,3	2,3	2,3	3,0	3,0	2,1	2,1	3,3	2,7	3,3	3,6	2,5	3,1	3,9	3,9	2,5	3,9	2,8	3,9	3,9
2004	0-5	2,8	2,2	1,4	3,9	2,5	1,2	2,2	1,7	1,4	3,5	2,5	1,6	4,9	2,5	1,2	3,1	2,5	1,4	2,2	2,0	1,6
	5-10	2,2	1,7	2,0	2,2	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	3,1	2,8	2,5	2,5	2,0	2,8	2,5	2,5	2,8	2,8	2,0	2,2
	10-20	2,0	2,0		2,2	2,5		2,2	2,5		2,5	3,1		2,8	2,5		2,8	2,5		2,5	2,5	
2006	0-5	3,5	2,8	2,5	3,9	4,4	2,8	3,1	2,5	1,6	3,1	3,5	2,5	3,1	3,1	1,7	3,1	3,1	2,0	2,8	2,2	2,0
	5-10	4,4	2,8	2,8	4,4	3,5	3,1	4,4	3,1	2,2	3,9	3,9	2,8	3,1	3,1	1,6	3,5	3,5	2,2	2,5	2,0	2,0
	10-20	3,9	3,5	3,5	3,9	3,5	4,9	3,1	3,5	4,9	3,5	3,5	4,4	3,5	3,5	2,5	3,5	2,8	3,1	2,8	2,8	2,2
2008	0-5	2,5	2,0	1,7	2,5	2,5	2,0	2,2	2,0	1,6	2,8	2,5	2,5	2,8	2,8	2,0	3,1	2,8	1,7	2,2	2,5	2,0
	5-10	2,5	2,0	2,2	2,8	4,4	2,2	2,2	2,5	2,2	3,1	2,8	3,1	2,5	3,1	2,8	3,1	2,5	2,0	2,2	2,8	2,2
	10-20	2,5	2,5	2,5	2,8	2,8	2,8	2,2	2,8	3,9	2,5	3,5	3,1	3,1	2,8	3,5	2,8	2,8	2,8	2,5	2,2	2,5
2010	0-5	2,5	2,2	2,2	2,8	3,5	2,2	2,8	2,5	2,2	3,5	3,9	2,8	2,5	2,2	2,0	2,8	2,8	2,2	2,8	2,2	2,2
	5-10	3,1	2,2	2,5	3,5	3,5	2,5	2,8	2,2	2,2	3,5	3,9	2,5	3,1	2,5	2,8	3,9	3,9	2,5	3,1	2,2	2,2
	10-20	3,1	2,2	2,8	3,5	3,1	3,1	3,5	2,2	3,1	3,5	2,2	3,5	3,5	2,8	3,5	3,1	2,5	2,5	2,8	2,2	2,8

Apêndice 16. Valor de CTC do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas de amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
----- cmol _c dm ⁻³ -----																						
2000	0-5	9,1	9,1	9,1	9,3	9,3	9,3	9,0	9,0	9,0	9,1	9,1	9,1	9,6	9,6	9,6	7,6	7,6	7,6	7,4	7,4	7,4
	5-10	8,0	8,0	8,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,6	8,6	8,6	9,7	9,7	9,7	6,1	6,1	6,1	6,8	6,8	6,8
	10-20	8,5	8,5	8,5	9,1	9,1	9,1	8,0	8,0	8,0	8,5	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	6,4	6,4	6,4	7,0	7,0	7,0
2001	0-5	8,5	10	12	8,6	8,7	11	8,8	9,7	12	9,7	10	11	8,9	9,6	12	8,9	11	11	9,9	9,8	11
	5-10	8,5	11	8,6	9,0	9,1	7,9	8,5	8,7	8,0	8,3	9,5	8,5	8,1	9,1	8,4	8,8	10	7,9	10	9,3	8,7
	10-20	8,6	8,3	8,2	7,9	8,1	7,6	8,0	7,7	7,2	9,5	8,7	7,5	9,1	8,0	7,3	8,4	8,5	7,7	9,6	8,1	8,0
2002	0-5	9,4	10	11	8,8	10	11	8,6	9,6	12	9,4	12	11	6,7	9,4	11	8,5	9,7	10	9,6	9,9	8,3
	5-10	9,2	9,7	9,0	9,0	9,6	9,3	8,7	9,2	8,3	9,1	10,2	8,4	8,5	9,4	8,2	8,8	8,9	8,5	9,1	9,1	8,8
	10-20	8,6	8,5	8,5	8,0	7,6	8,1	7,8	8,0	7,8	8,8	9,1	7,9	8,3	8,6	8,0	8,3	9,0	8,0	8,6	9,2	8,0
2003	0-5	9,6	10	10	9,4	10	12	9,1	10	11	9,6	12	11	9,5	9,7	12	9,7	9,4	12	9,4	9,9	10
	5-10	9,3	9,5	9,1	8,9	9,7	9,1	9,6	9,9	8,4	9,5	10	9,0	8,9	9,2	11	8,8	9,9	9,3	8,9	9,8	8,4
	10-20	8,3	8,8	8,3	8,5	8,8	8,7	9,3	9,8	8,2	9,9	9,2	8,4	8,9	8,9	8,7	11	8,6	8,4	9,6	9,9	8,8
2004	0-5	9,9	11	12	10	10	12	8,7	8,6	11	11	11	12	11	10	11	9,0	9,5	13	8,8	10	12
	5-10	9,2	9,1	9,3	8,4	10	10	8,6	8,6	9,0	10	10	9,7	8,4	9,4	11	8,0	8,9	9,7	9,8	9,1	9,5
	10-20	8,9	8,8		8,0	8,8		8,4	8,5		9,4	9,4		8,9	9,3		8,3	8,6		9,3	9,5	
2006	0-5	9,3	9,9	14	11	13	16	9,9	15	13	8,9	14	18	10	11	17	11	12	17	11	15	20
	5-10	12	10	9,9	9,9	12	9,9	11	11	11	10	12	10	9,3	10	15	9,9	11	12	10	12	13
	10-20	8,4	11	9,6	9,3	10	12	11	9,9	10	9,7	10	9,6	8,9	10	11	9,4	10	9,8	12	11	10
2008	0-5	8,9	9,6	12	9,6	10	14	10	11	13	11	12	12	10	11	15	12	11	15	11	11	17
	5-10	9,1	9,8	9,3	9,1	11	9,0	9,7	11	10	10	11	9,0	9,3	9,3	10	8,8	9,2	8,9	9,2	11	10
	10-20	9,3	10	8,4	9,0	8,7	8,7	9,0	9,3	8,8	8,9	9,3	8,6	9,6	8,6	9,9	8,5	9,2	9,6	10	8,7	8,3
2010	0-5	7,8	8,3	10	7,3	8,8	8,8	8,2	8,3	10	8,9	9,3	11	8,4	7,9	10	8,3	8,4	12	8,7	8,8	9,4
	5-10	8,5	7,4	8,6	8,1	8,0	8,6	8,2	7,0	8,3	8,8	8,8	8,6	7,5	7,8	8,4	8,5	8,4	9,4	8,8	9,3	8,9
	10-20	8,4	7,5	8,1	8,5	7,8	8,5	8,3	7,2	7,4	8,9	6,7	8,4	7,8	7,3	8,4	8,0	6,9	6,4	8,2	8,7	8,0

Apêndice 17. Valor de saturação por base (V) do solo em função de sistemas de preparo, tipos de adubação, profundidades e épocas amostragem para as glebas I, II, III, IV, V, VI e VIII

Amostragem	Profundidade (cm)	Gleba I			Gleba II			Gleba III			Gleba IV			Gleba V			Gleba VI			Gleba VIII		
		PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD	PC	PR	PD
		----- % -----																				
2000	0-5	61	61	61	64	64	64	52	52	52	58	58	58	57	57	57	42	42	42	46	46	46
	5-10	59	59	59	59	59	59	51	51	51	50	50	50	47	47	47	30	30	30	47	47	47
	10-20	63	63	63	57	57	57	47	47	47	52	52	52	49	49	49	36	36	36	44	44	44
2001	0-5	78	84	86	78	80	84	79	84	87	72	76	79	79	80	87	77	87	86	72	72	80
	5-10	80	85	74	79	77	66	76	80	69	67	71	65	79	79	68	77	84	66	73	71	66
	10-20	80	75	72	71	66	61	72	68	59	71	62	60	79	66	63	78	73	58	74	63	66
2002	0-5	78	84	86	74	83	86	74	80	86	76	81	80	69	80	82	75	80	83	76	79	77
	5-10	83	84	75	72	76	73	74	75	64	73	65	61	80	78	64	74	72	65	75	64	66
	10-20	78	71	71	63	57	67	65	63	54	56	49	55	67	62	59	67	56	55	66	54	59
2003	0-5	78	81	83	76	79	85	79	84	87	74	80	81	67	72	88	72	77	83	74	80	83
	5-10	80	83	75	72	79	73	78	82	68	74	74	64	72	70	60	75	78	63	78	80	67
	10-20	79	74	73	73	66	66	78	79	60	73	64	57	72	65	56	63	71	54	71	61	56
2004	0-5	72	80	88	61	75	89	75	80	88	68	77	88	55	76	89	66	74	89	75	80	87
	5-10	76	81	79	74	76	78	75	75	78	70	73	75	71	79	74	69	72	72	72	78	77
	10-20	78	78		73	72		74	71		74	67		69	74		67	72		74	74	
2006	0-5	63	72	82	64	66	82	68	83	88	65	74	86	70	70	90	70	73	88	74	85	90
	5-10	63	73	72	56	71	68	60	73	81	62	67	73	66	69	90	65	67	81	76	84	85
	10-20	53	69	64	58	66	59	71	65	52	64	66	54	61	65	77	63	73	68	77	75	78
2008	0-5	71	79	85	73	75	85	77	81	88	73	79	79	71	74	86	72	75	88	78	78	88
	5-10	72	79	75	68	59	74	76	76	77	68	74	64	73	66	72	63	72	77	75	74	79
	10-20	73	75	69	68	67	66	74	69	54	71	62	63	67	67	64	66	69	70	76	75	70
2010	0-5	68	74	79	62	60	75	66	70	78	61	58	74	70	72	80	66	67	81	68	75	100
	5-10	64	70	71	57	56	71	66	69	74	60	56	71	59	68	67	54	54	73	65	76	96
	10-20	63	71	65	59	60	64	58	69	58	61	67	58	55	62	58	61	64	89	66	75	85

Apêndice 18. Valores de atributos do solo referentes à gleba VII em função dos tipos de adubação (AS= sem adubação; AM= adubação mineral; AO= adubação orgânica) e profundidades de amostragem

Atributo	Profundidade (cm)	Amostragem												
		2000	2001			2003			2006			2008		
			AS	AM	AO	AS	AM	AO	AS	AM	AO	AS	AM	AO
Argila (%)	0-5	30	29	29	34	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	5-10	36	33	40	34	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	10-20	37	35	39	35	4,0	4,0	4,0						
Matéria Orgânica (%)	0-5	3,3	3,7	3,7	3,7	3,4	4,2	4,4	4,6	4,6	4,9	4,0	5,4	5,3
	5-10	3,0	3,0	2,8	3,1	2,9	3,0	3,3	3,2	3,4	3,5	3,7	3,0	3,4
	10-20	2,6	2,5	2,4	2,6	2,2	2,5	3,0						
pH	0-5	5,4	5,4	6,2	6,0	5,3	6,3	5,9	5,2	6,1	5,8	5,3	6,5	5,9
	5-10	5,3	5,2	5,3	5,4	5,2	5,7	5,6	5,1	5,5	5,2	5,2	6,1	5,4
	10-20	5,2	5,4	5,2	5,4	5,2	5,5	5,5						
Índice SMP	0-5	5,9	6,0	6,6	6,5	6,1	6,7	6,6	6,1	6,7	6,4	6,0	6,7	6,4
	5-10	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,1	6,4	6,2	6,4	6,1	5,9	6,5	6,1
	10-20	5,9	5,9	6,1	6,2	6,1	6,1	6,5						
P(Mehlich ⁻¹) (mgdm ⁻³)	0-5	2,8	2,8	16	21	6,5	13,0	29	7,7	7,0	14	4,5	25	20
	5-10	2,4	2,3	1,7	1,6	4,4	3,3	9,1	7,1	5,7	5,7	3,8	6,6	7,2
	10-20	1,7	1,9	1,7	1,7	2,5	2,7	6,0						
K trocável (mgdm ⁻³)	0-5	193	163	161	194	158	126	156	167	148	180	132	229	177
	5-10	130	145	139	172	116	91	126	95	81	88	90	115	103
	10-20	89	108	112	140	91	74	109						
Ca trocável (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,9	3,1	5,4	5,3	2,5	6,1	5,6	3,1	6,3	6,2	2,2	8,0	7,4
	5-10	1,6	2,4	3,1	3,4	2,5	3,5	3,8	2,6	3,8	3,3	2,1	4,7	4,3
	10-20	1,6	2,3	2,7	3,1	2,3	3,2	3,3						
Mg trocável (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,0	1,2	2,4	2,4	1,6	3,3	2,1	2,2	3,7	2,3	1,9	5,0	
	5-10	0,9	1,1	1,4	1,6	1,5	2,4	2,1	1,7	2,4	1,7	1,6	3,2	
	10-20	0,8	1,0	1,3	1,6	1,5	2,4	2,1						

Apêndice 18. continuação

Al trocável (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
	5-10	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,3	0,0	0,2
	10-20	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0						
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0-5	4,2	4,3	2,1	2,3	3,9	2,0	2,2	3,9	2,0	2,8	4,4	2,0	2,8
	5-10	4,0	3,9	3,3	3,3	3,5	3,9	2,8	3,5	2,8	3,9	4,9	2,5	3,9
	10-20	4,1	3,9	3,3	3,0	3,9	3,9	2,5						
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	0_5	7,5	8,9	10,3	10,5	8,4	11,7	10,3	9,8	12,4	11,8	8,9	15,6	13,7
	5_10	6,5	7,8	8,1	8,7	7,8	10	9,0	8,1	9,3	9,2	8,9	10,7	10,4
	10_20	6,7	7,8	7,5	8,0	7,9	9,7	8,1						
Sat.por bases (V) (%)	0-5	45	52	80	78	54	83	79	59	84	76	50	87	80
	5-10	39	50	60	63	55	61	69	56	69	57	44	77	62
	10-20	40	50	57	63	51	60	70						

Apêndice 19. Rendimento e composição elementar de grãos de soja, safra 2007/2008

Bloco	Preparo	Rend.	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Cr	Ni	Pb	
		kg ha ⁻¹	%						mg kg ⁻¹								
I	PC	2.131	6,1	0,52	1,6	0,30	0,23	0,24	16	57	406	44	0,11	17	9	2	
	PR	2.258	6,2	0,59	1,7	0,31	0,26	0,29	16	54	124	32	<0,2	4	3	<2	
	PD	1.615	6,2	0,57	1,6	0,28	0,24	0,25	18	54	164	32	<0,2	6	4	<2	
II	PC	2.565	7,4	0,50	1,8	0,30	0,28	0,27	18	64	264	39	<0,2	12	7	<2	
	PR	2.949	5,8	0,49	1,6	0,27	0,25	0,25	19	62	246	41	<0,2	21	15	<2	
	PD	1.618	6,0	0,50	1,6	0,23	0,21	0,23	14	47	156	31	<0,2	10	6	<2	
III	PC	2.013	5,9	0,46	1,4	0,23	0,22	0,27	16	58	275	38	<0,2	10	7	<2	
	PR	2.206	6,0	0,53	1,6	0,26	0,23	0,2	17	60	135	39	<0,2	3	3	<2	
	PD	1.541	6,0	0,57	1,5	0,26	0,25	0,25	18	61	367	39	<0,2	7	5	<2	
IV	PC	2.110	6,6	0,54	1,9	0,29	0,27	0,27	19	72	386	40	<0,2	9	6	<2	
	PR	2.091	7,0	0,60	1,6	0,26	0,23	0,27	17	61	205	32	<0,2	8	6	<2	
	PD	1.392	6,2	0,60	1,5	0,27	0,23	0,25	16	61	237	31	<0,2	9	6	<2	
V	PC	2.607	6,4	0,49	1,4	0,27	0,23	0,26	17	58	498	36	<0,2	19	11	<2	
	PR	2.374	5,6	0,53	1,6	0,26	0,23	0,26	17	60	250	35	<0,2	7	5	<2	
	PD	1.438	5,9	0,59	1,7	0,29	0,25	0,24	17	59	321	34	<0,2	11	7	<2	
VI	PC	2.293	6,1	0,46	1,4	0,23	0,22	0,27	16	54	621	38	<0,2	30	18	<2	
	PR	1.960	6,7	0,49	1,5	0,27	0,23	0,28	15	55	288	35	<0,2	9	6	<2	
	PD	1.310	6,9	0,58	1,5	0,25	0,24	0,29	16	59	130	29	<0,2	6	5	<2	
VIII	PC	2.288	5,9	0,62	1,6	0,28	0,25	0,30	17	57	148	35	<0,2	4	3	<2	
	PR	2.010	7,5	0,54	1,5	0,26	0,24	0,27	15	55	179	31	<0,2	7	5	<2	
	PD	1.507	5,5	0,56	1,6	0,27	0,25	0,27	15	55	152	30	<0,2	4	3	<2	

Apêndice 20. Rendimento e composição elementar de grãos de milho, safra 2008/2009

Bloco	Preparo	Rend.	N	P	K	Ca	Mg
		kg ha ⁻¹	-----%				
I	PC	*					
	PR	7.012	1,6	0,17	0,40	0,01	0,10
	PD	8.484	1,4	0,21	0,39	0,21	0,10
II	PC	7.192	1,7	0,20	0,39	0,01	0,10
	PR	7.381	1,3	0,30	0,35	0,01	0,10
	PD	8.878	1,6	0,27	0,41	0,02	0,11
III	PC	6.164	1,7	0,18	0,39	0,01	0,10
	PR	8.917	1,4	0,24	0,39	0,02	0,10
	PD	9.941	1,6	0,21	0,37	0,01	0,10
IV	PC	8.656	1,7	0,32	0,46	0,02	0,12
	PR	7.715	1,6	0,28	0,45	0,02	0,11
	PD	9.426	1,6	0,21	0,38	0,02	0,10
V	PC	5.898	1,4	0,22	0,46	0,02	0,11
	PR	5.589	1,4	0,30	0,53	0,02	0,12
	PD	6.040	1,4	0,27	0,39	0,01	0,10
VI	PC	4.242	1,7	0,13	0,37	0,01	0,09
	PR	5.622	1,4	0,15	0,38	0,01	0,10
	PD	8.355	1,6	0,25	0,40	0,01	0,11
VIII	PC	6.323	1,4	0,24	0,41	0,01	0,10
	PR	8.312	1,4	0,27	0,44	0,02	0,11
	PD	8.017	1,6	0,24	0,41	0,02	0,11

* Não determinado (parcela perdida)