

WILLIAM DINIZ BILIBIO

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO, FASE CERRADO,  
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fernandes Corrêa

Co-orientador: Prof. Dr. Elias Nascentes Borges

UBERLÂNDIA  
2008

WILLIAM DINIZ BILIBIO

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO, FASE CERRADO,  
SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2008.

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges (co-orientador)	UFU
Prof <sup>a</sup> . Dra. Regina Maria Quintão Lana	UFU
Prof. Dr. Antônio Nolla	UEM

Prof. Dr. Gilberto Fernandes Corrêa  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

B595a Bilibio, William Diniz, 1981-  
Atributos físicos e químicos de um latossolo, fase cerrado, sob  
di-ferentes sistemas de manejo / William Diniz Bilibio. - 2008.  
44 f. : il.

Orientador: Gilberto Fernandes Corrêa.  
Co-orientador: Elias Nascentes Borges.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Uberlândia, Pro- grama de Pós-Graduação em Agronomia.  
Inclui bibliografia.

1. Solos - Manejo - Teses. I. Corrêa, Gilberto Fernandes. II.  
Borges, Elias Nascentes. III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III.  
Título.

CDU:

631.42

---

Dedico este trabalho ao meu pai Irineo Bilibio, ao meu filho Wagner Rocha Bilibio, à minha noiva Juliana Henriques Leal Rocha, ao meu irmão Vinícius Diniz Bilibio, à minha avó Anair Bilibio e a duas pessoas que infelizmente não puderam presenciar este momento feliz de minha vida: minha mãe Jussara Diniz Bilibio (*in memoriam*) e meu irmão Wagner Diniz Bilibio (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, quem criou a vida. Agradeço aos meus pais Irineo Bilibio e Jussara Diniz Bilibio, que, com muito esforço, puderam me proporcionar estudo, ou seja, deram-me a maior herança que os pais podem dar a um filho. Agradeço também à minha noiva Juliana Henriques Leal Rocha, que me ajudou várias vezes, principalmente nos momentos em que me encontrava preocupado.

Agradeço ao coordenador do curso de Pós-Graduação, professor José Magno Queiroz Luz, por sempre se mostrar prestativo em escutar os alunos e dar conselhos. Agradeço também aos demais professores, que foram difusores de conhecimento, pelas suas insistências em nos ensinar para que aprendêssemos. Com eles, não aprendemos só o conteúdo programático, mas também tiramos lições de vida que nunca mais esqueceremos.

Agradeço à Embrapa Milho e Sorgo, pelo apoio e espaço para a realização de algumas análises importantes desse trabalho, em especial ao pesquisador João Herbert Moreira Viana.

Agradeço, em especial, ao meu orientador professor Gilberto Fernandes Corrêa e co-orientador professor Elias Nascentes Borges, aos funcionários do LAMAS e aos colegas Patrícia Costa Silva, Juliana do Nascimento Gomides, Leomar Paulo de Lima, Ivan Bonotto, Reinaldo Adriano Costa, Ricardo Lambert e Polianna Alves Silva que ajudaram a enriquecer os meus conhecimentos.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>2</b>
2.1 SISTEMA PLANTIO CONVENCIONAL (PC).....	3
2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO (PD).....	4
2.3 SISTEMAS DE CULTIVO MÍNIMO E A AUSÊNCIA DE PREPARO DO SOLO (CM E AP).....	6
2.4 DENSIDADE DO SOLO.....	7
2.5 POROSIDADE TOTAL, MACRO E MICROPOROSIDADE DO SOLO.....	10
2.6 AGREGADOS DO SOLO.....	11
2.7 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) - MATÉRIA ORGÂNICA.....	13
2.8 FÓSFORO NO SOLO.....	14
2.9 CÁLCIO E MAGNÉSIO NO SOLO.....	15
2.10 POTÁSSIO NO SOLO.....	16
2.11 NITROGÊNIO NO SOLO.....	17
2.12 ALUMÍNIO NO SOLO.....	198
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 ANÁLISES FÍSICAS.....	23
3.1.1 Densidade do solo.....	23
3.1.2 Densidade de partícula.....	24
3.1.3 Porosidade do solo.....	24
3.1.4 Microporosidade do solo.....	25
3.1.5 Macroporosidade do solo.....	25
3.1.6 Agregados do solo.....	26
3.2. ANÁLISES QUÍMICAS.....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variações da densidade, porosidade total, macro e microporos e agregados de um Latossolo sob diferentes sistemas de cultivo. ....	29
Figura 2: Relação macro/microporos nas profundidades 0-5, 5-15 e 15-30 cm. ....	30
Figura 3. Variações dos teores de carbono orgânico total, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio e alumínio até 30 cm de profundidade em um Latossolo sob diferentes sistemas de cultivo. ....	33

## LISTA DE TABELAS

Quadro 1 – Caracterização química e textural do solo em amostras de 0-20 cm, ano agrícola de 2000. ....	21
Quadro 2: Valores de densidade, porosidade total, macro e microporos e agregados de um Latossolo sob diferentes sistemas de cultivo, em diferentes profundidades. ....	28
Quadro 3. Valores de carbono orgânico total, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio e alumínio sob diferentes sistemas de cultivo do solo, em diferentes profundidades. ....	32

## RESUMO

BILIBIO, WILLIAM DINIZ. **Atributos físicos e químicos de um latossolo, fase cerrado, sob diferentes sistemas de manejo.** 2007. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <sup>1</sup>

Foram avaliados atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho distrófico submetido a diferentes sistemas de preparo do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda do Glória/UFU desde o ano 2000. A área experimental de campo, disposta num esquema de delineamento em blocos casualizados, foi conduzida durante sete anos para avaliar alguns atributos físicos e químicos do solo, nas profundidades de 0-5; 5-15 e 15-30 cm, para diferentes sistemas de manejo (convencional e conservacionistas). Os parâmetros analisados foram: densidade, porosidade total, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, carbono orgânico total (COT), fósforo (P), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), nitrogênio (N) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ). Foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos conservacionistas e convencional. Os dados indicaram aumento da densidade com a profundidade, conjugado com redução da porosidade total, bem como da relação macro/microporos e com a menor estabilidade de agregados no sistema convencional, em relação aos sistemas conservacionistas. Para os atributos químicos do solo, diferenças estatísticas entre os tratamentos conservacionistas e convencional ocorreram apenas nos primeiros 5 cm do solo, somente para os elementos P, Ca e K. A correção do Al foi mais eficiente no sistema convencional, devido à incorporação do calcário ao solo, independente da aplicação de gesso agrícola.

**Palavras-chave:** manejo de solo, relação macro/microporos, sistemas de plantio, calcário e gesso.

---

<sup>1</sup> Comitê orientador: Gilberto Fernandes Corrêa – UFU (Orientador) e Elias Nascentes Borges – UFU.

## ABSTRACT

BILIBIO, WILLIAM DINIZ. **Atributos físicos e químicos de um latossolo, fase cerrado, sob diferentes sistemas de manejo.** 2007. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

Chemical and physical attributes of an Acrustox subjected to different management systems were evaluated. The experiment was conducted at the Fazenda do Glória/UFU since 2000. The field experimental area was conducted during seven years, in a randomized block design, to evaluate some chemical and physical attributes of the soil, at depths of 0-5, 5-15 and 15-30 cm, for different management systems (conventional and conservationist). The parameters examined were: density, porosity, macro and microporosity, aggregate stability, total organic carbon (TOC), phosphorus (P), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), nitrogen (N) and aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ ). Statistical differences were found between conventional and conservationist treatments. The values indicated a density increase with the depth, combined with porosity decrease as the relationship macro/micropores and with lower aggregate stability in conventional system in comparison with the conservationist systems. Statistical differences of the chemical attributes of soil, between the conservationist and conventional treatments, were found only at the top 5 cm of the soil, only for the elements Ca, P and K. Aluminum correction was more efficient in the conventional system, due to lime addition in the soil, independent of gypsum addition.

**Keywords:** soil management, macro/microporos relation, tillage systems, limestone and gypsum.

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Gilberto Fernandes Corrêa – UFU (Orientador) e Elias Nascentes Borges – UFU.

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, vários sistemas de manejo têm sido adotados na agropecuária brasileira. Caberia à pesquisa propô-los, mas particularmente em se tratando de sistemas de manejo estes em geral têm sido desenvolvidos por agricultores. A pesquisa tem desempenhado mais o papel de avaliá-los, tendo em vista o uso sustentável dos solos. Esta avaliação requer o estudo, através de anos sucessivos, dos efeitos sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo.

No Brasil, grandes áreas, especialmente sob pastagens degradadas, necessitam ser reintegradas ao sistema produtivo, num processo de mitigação da abertura de novas áreas. À medida que o solo vai sendo submetido a usos agrícola e/ou pecuário, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (ANJOS et al, 1994; ANDREOLA et al., 2000; ALBUQUERQUE et al., 2001). Na medida em que o uso do solo leva ao comprometimento de sua estrutura através da compactação, afetando a relação macro/microporos e, conseqüentemente, a dinâmica do ar e da água, haverá também danos à atividade biológica, conforme mostram os trabalhos de Sá (1993), De Maria et. al. (1999), Silveira e Stone (2001). Do ponto de vista químico, de um modo geral, há que se considerar a textura e o teor de matéria orgânica por estarem estreitamente relacionados à capacidade de troca de cátions (CTC). Em solos com maiores teores de matéria orgânica e/ou mais argilosos, a capacidade tampão é substancialmente maior e, conseqüentemente, o solo se comporta como um sistema mais conservador. Isto facilita a construção da fertilidade no solo (sua manutenção), mas por outro lado aumenta o risco de desequilíbrios nutricionais (Corrêa, 1984). Neste aspecto os sistemas conservacionistas, como o plantio direto, tendem a concentrar os nutrientes nos primeiros centímetros do solo, favorecendo maior aporte de nutrientes superficialmente, podendo gerar desequilíbrios nutricionais.

Este trabalho teve o propósito de avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre alguns atributos físicos e químicos do solo, após sete anos de implantação.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, a área sob vegetação de “cerrado” ocupa cerca de 20% do território, estendendo-se pela região Centro-Oeste e parte das regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Os solos do cerrado são, em grande parte, pertencentes à ordem dos Latossolos (aproximadamente 56%), seguido de Neossolos Quartzarênios (20%), Plintossolos (10%), Neossolos Litólicos (9%) e menores percentagens de Argissolos e Cambissolos (LOPES, 1983 apud EMBRAPA, 1978).

Estudos sobre atributos físicos do solo têm por objetivo proporcionar conhecimentos necessários ao seu manejo pelo uso de práticas de irrigação, drenagem, técnicas adequadas para uso e conservação do solo e da água, bem como o emprego de materiais de solo em construções, inclusive como base para estradas ou outras estruturas de vários tipos (HILLEL, 1970).

De acordo com Santos e Reis (2003), as propriedades físicas do solo têm influência direta no desenvolvimento radicular e conseqüentemente na produtividade das plantas. A densidade do solo, por exemplo, é um parâmetro que serve como indicador do estado de compactação do solo, intimamente relacionada ao estado estrutural de solos.

A alteração na estrutura do solo, através do seu preparo, produz mudanças na distribuição e no tamanho de poros e de agregados, o que altera a retenção de água, o arejamento e a temperatura do solo. A intensidade de revolvimento, o trânsito, o tipo dos implementos usados, o manejo de restos culturais e a umidade do solo no momento do preparo são os fatores que mais afetam estas características (FERNANDES, et. al., 1991).

As principais características físicas responsáveis pela porosidade e infiltração de água no solo são textura e estrutura. Para favorecer o crescimento das culturas, são necessárias práticas mecânicas que minimizem os efeitos deletérios à estrutura do solo (ALBUQUERQUE, et. al., 1995). De acordo com os mesmos autores, a degradação da estrutura gera condições desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo podem amenizar esses problemas, quando agem no sentido de restaurar-lhe a estrutura. A condição estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: avaliação de parâmetros

relacionados à estrutura, como densidade do solo e porosidade, e avaliações de parâmetros relacionados à estabilidade da estrutura.

A degradação da estrutura do solo afeta negativamente o desenvolvimento vegetal e o predispõe à erosão hídrica. Spera et al. (2004), afirmaram que à medida que se intensifica o uso agrícola, as propriedades físicas do solo sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao crescimento vegetal, sendo essas alterações mais nítidas quando os sistemas de uso do solo são comparados com a vegetação natural (CAVENAGE, et. al., 1999). Propriedades como densidade, porosidade total, macro e microporosidade têm sido usadas como indicadores da restrição do solo ao desenvolvimento de plantas (CORSINI e FERRAUDO, 1999).

Avaliando algumas propriedades físicas de solo sob SPD e SPC conduzidos durante 12 anos, SPD durante 8 anos e SPD com revolvimento do solo para incorporar calcário a cada quatro anos, Marcolan et. al. (2007), relatam que o tratamento em que houve o revolvimento do solo sob SPD propiciou melhores condições de densidade e porosidade, mas diminuiu a estabilidade de agregados devido ao revolvimento. Já, no SPC, os atributos físicos foram mais uniformes nas camadas estudadas, porém com menor estabilidade de agregados na camada superficial.

## 2.1 SISTEMA PLANTIO CONVENCIONAL (PC)

O sistema plantio convencional tem como princípio o uso do revolvimento do solo, com o uso principalmente de grade aradora de discos e com arado de aivecas. Esse sistema começou a ser abandonado em meados da década de 70, com a introdução do sistema plantio direto, porém ainda praticado em algumas áreas.

No sistema de cultivo convencional, a utilização de máquinas agrícolas e dos implementos destina-se à incorporação do calcário, adubos, resíduos orgânicos, controle de plantas invasoras, diminuição da incidência de doenças e pragas a partir da queima da palha, além de propiciar condições para melhor germinação e desenvolvimento iniciais das plantas e melhoria na infiltração de água e trocas gasosas. Porém, a intensa prática desse manejo, devido ao revolvimento do solo, provoca degradação da sua estrutura, como a individualização das partículas, gerando o selamento superficial do solo, diminuição do diâmetro médio geométrico dos agregados, diminuição do grau de estruturação do solo, além de destruir os canalículos formados pelo sistema radicular e pela atividade da pedofauna. Essas alterações poderão dificultar a entrada de água no

solo, propiciando maior escoamento superficial e atuando como facilitador da erosão (FUCKS et. al., 1994; RHEINEIMER et. al., 2000).

Segundo Eltz et. al., (1989) e Muzilli (1983), o preparo do solo influi na distribuição de nutrientes, como Ca, Mg, K, P e outros na camada arável. Por sua vez, no plantio direto ocorre acúmulo destes nutrientes, nos primeiros dez centímetros, decorrente da ausência de incorporação, da aplicação dos fertilizantes, mineralização da matéria orgânica e da maior CTC dessa camada (BAYER e BERTOL, 1999).

Segundo Alvarenga et. al. (1999), a maior intensidade de atividade biológica ocorre na camada superficial do solo. Sua exposição aos processos erosivos, com remoção de material do solo devido uso e/ou manejo inadequados, provoca redução de sua qualidade. Habte (1989) verificou que a perda de matéria da porção superficial do solo, nos primeiros 7,5 cm, promove a diminuição no número de propágulos ativos de fungos micorrízicos arbusculares, reduzindo conseqüentemente, a taxa de colonização radicular. O teor de carbono e biomassa microbiana são também influenciados pelo tipo de uso do solo, sendo importantes indicadores da alteração imposta pelas práticas de cultivo (DE-POLLIE e GUERRA, 1996).

Conquanto possa proporcionar, ao menos temporariamente, condições favoráveis ao crescimento e à produção agrícola, o preparo intensivo do solo e a movimentação de máquinas têm contribuído para formação de camadas compactadas, constituindo fator negativo à produção e favorável à erosão (BORGES et. al., 1997).

Segundo Tomena & Roloff (1996), a incorporação de calcário mediante aração e gradagens poderá provocar pulverização superficial do solo e compactação subsuperficial (pé de arado/grade). A compactação motivada pela frequência de tráfego sobre o solo sem cobertura vegetal constitui também um dos principais problemas, particularmente estando o solo no estado molhado, devido à plasticidade da fração argila. A impedância mecânica resultante dessa compactação interfere no ambiente de crescimento das raízes, reduzindo a produtividade e acelerando os processos erosivos.

## 2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO (PD)

De acordo com Muzilli (1985), o plantio direto é um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas sobre a cobertura de entre safira ou restos culturais anteriores, sem a movimentação do solo. Segundo este pesquisador, estas condições possibilitam grande eficiência desse sistema de manejo no

controle da erosão, uma vez que a cobertura permanente do solo evita o impacto direto das gotas de chuva ou irrigação sobre o solo, reduzindo o selamento decorrente do efeito desagregante da gota de água. Outras vantagens descritas pelo pesquisador são economia de combustíveis e produtos derivados do petróleo e, com os avanços da pesquisa, a redução no uso de insumos. O plantio direto, ao provocar alterações na temperatura do solo, teor de umidade, de matéria orgânica, localização dos corretivos e adubos, irá afetar a atividade biológica, que por sua vez produz mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, refletindo no desenvolvimento das plantas, com melhor desenvolvimento e proteção do solo. Desse modo, justifica-se a necessidade do aprofundamento de estudos do plantio direto sobre os atributos edáficos e sua influência na disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas.

Conforme Wuest (2001), o uso contínuo do sistema de manejo plantio direto promove um aumento de bioporos pela ação contínua de raízes e alta atividade da meso e macrofauna. Segundo os mesmos autores, os bioporos e a estrutura de boa qualidade do solo graças ao seu não-revolvimento permitem a formação de canais, os quais são mantidos intactos e contínuos no perfil do solo. A ausência de revolvimento do solo promove o aumento da M.O. que, ao longo do tempo, proporcionam um ambiente propício para a atividade de minhocas, larvas e de outros organismos, traduzindo num aumento da atividade microbiana. Esses processos contribuem para a formação e estabilização dos agregados do solo, melhorando também sua estrutura (MOLOPE et. al., 1987).

Quando as propriedades físicas do solo são preservadas, as taxas de infiltração instantânea de água no SPD e em pastagem nativa são maiores do que no preparo de solo com revolvimento (SPC), refletindo inclusive na disponibilidade direta dos nutrientes da solução do solo (PETRERE e ANGHINONI, 2001).

O sistema plantio direto, apesar da baixa rugosidade do solo, possibilita o ancoramento dos resíduos e soqueiras das culturas e das plantas de coberturas, que constituem em dificuldades para o livre escoamento da água (DISSMEYER e FOSTER, 1981).

Muzilli (1985), avaliando a fertilidade do solo sob SPD, constatou diferenças significativas quanto ao acúmulo de nutrientes em relação ao preparo convencional (SPC). Entre os nutrientes avaliados, o P apresentou altos teores, sendo quatro a sete vezes superiores aos encontrados no preparo convencional na camada de 0-5 cm. Isto sugere a possibilidade de reduzir a adubação fosfatada no plantio direto. Nesta situação,

sentiu-se a necessidade de conhecer os efeitos deste sistema de cultivo ao longo do tempo, na disponibilidade do fósforo. Dentro desta mesma linha de pesquisa, Muzilli (1983) verificou que os teores de K trocável acumulados na camada superficial foram significativamente superiores no plantio direto, em comparação ao plantio convencional, e se mantiveram similares em todas as sucessões de culturas.

Segundo Sá (1993), De Maria et. al. (1999), Silveira e Stone (2001), no sistema plantio direto (SPD), em virtude da localização dos fertilizantes adicionados, da concentração de resíduos vegetais e da menor erosão de solo, ocorre, na camada superficial, um aporte de M.O., cálcio + magnésio trocáveis, fósforo e de potássio.

### 2.3 SISTEMAS DE CULTIVO MÍNIMO E A AUSÊNCIA DE PREPARO DO SOLO (CM E AP)

O cultivo mínimo é um sistema de plantio que não revolve o solo expressivamente. Em muitos solos, o plantio convencional comprime uma camada de solo em uma profundidade de aproximadamente 15 cm, sendo que, sobre intenso revolvimento do solo, esta camada comprimida pode dar forma ao chamado “pé-de-arado” ou “pé-de-grade”. Isto restringe a infiltração de água no perfil, diminuindo o armazenamento de água no solo, propiciando o escoamento superficial.

Em sistemas de cultivo mínimo e ausência de preparo do solo, a descompactação do solo pode ser promovida por processos mecânicos e/ou biológicos. No método mecânico, dá-se preferência para implementos com hastes, pois operam abaixo da camada compactada, possuem menor superfície de contato e apresentam menor desagregação e mobilização do solo, mantendo grande parte das vantagens promovidas pelo SPD (VERNETTI JÚNIOR e GOMES, 1999). Considerado um implemento de manejo conservacionista, os escarificadores são preferencialmente indicados para a descompactação mecânica, devido à formação de fissuras com mínima mobilização do solo, mantendo grande parte da cobertura morta e com pequeno impacto nos teores de matéria orgânica (TORRES et. al., 1998), além de proporcionar alta rugosidade da superfície do terreno (SECCO e REINERT, 1997), reduzindo o escoamento superficial (VAZQUEZ e DE MARIA, 2003).

De acordo com Testa et. al. (1992), os sistemas de manejo e cultivo do solo que não envolvem o revolvimento e a adição de resíduos sobre o solo, como o cultivo mínimo e ausência de preparo do solo, possibilitam aumentos dos teores de matéria

orgânica. Porém, decorrente da ausência de revolvimento, podem acarretar o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, que, de certa forma, não é desejável por não favorecer o aprofundamento do sistema radicular (CENTURION et. al., 1985).

Mazuchowski e Derpsch (1984) afirmam que as operações de preparo do solo devem ser limitadas à eliminação de plantas não desejáveis, obtenção de condições favoráveis à germinação e desenvolvimento das plântulas, incremento e manutenção da fertilidade do solo e da produtividade. Contudo, qualquer que seja o método de preparo, este deve preservar os teores de matéria orgânica e os atributos edafoclimáticos indispensáveis à produção agrícola e à redução da erosão e/ou outras formas de degradação a níveis tolerados.

## 2.4 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo é um atributo variável e depende da estrutura e compactação do solo. O material constituinte do solo tem grande influência sobre o valor da densidade, assim como os sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal. Os valores de densidade do solo podem, portanto, ser extremamente variáveis. Pode-se ter em solos de mesma textura densidades diferenciadas no perfil. A densidade tende a aumentar com a profundidade, variando em função de diversos fatores, como teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, maior compactação e conseqüentemente diminuição da porosidade do solo, dentre outros fatores.

Os sistemas de manejo conservacionistas tendem a promover maior densidade e microporosidade no solo, diminuindo o volume total de poros e macroporos até em torno de 15 cm de profundidade (FERNANDES et. al., 1991).

Existem trabalhos que demonstram que sistemas de rotação de culturas em plantio direto, incluindo espécies com sistemas radiculares agressivos e diferentes quantidades de fitomassa podem alterar as propriedades físicas e químicas do solo, como por exemplo, a densidade e os teores de M.O. do solo (DA ROS et. al., 1997; SANTOS e TOMM, 1999; ALBUQUERQUE et al., 2001).

A degradação da estrutura do solo pode afetar o desenvolvimento de plantas, particularmente com a formação de camada compactada próxima à superfície do solo.

Esse fato tem sido apontado como um dos principais indicadores de degradação do solo e causa de decréscimo da produtividade de culturas. A camada compactada é conseqüência da intensidade de revolvimento de solo ou trânsito de máquinas, do tipo

de implementos, dos sistemas de manejo do solo, da presença de resíduos vegetais e das condições hídricas no momento de preparo (STONE e SILVEIRA, 2001).

O preparo do solo por meio de grade aradora foi, no passado, o mais usado na Região Sul do Brasil. O uso contínuo desse implemento levou à formação de camadas compactadas sub-superficiais, denominadas “pé-de-grade”. O arado de aivecas foi pouco usado, pois requer mais tempo e energia nas operações de preparo de solo, embora propiciasse maiores produtividades de milho, por exemplo, (KLUTHCOUSKI, 1998), em comparação ao preparo convencional do solo com grade aradora e ao plantio direto. O SPD tem sido largamente adotado no Sul do Brasil e tem contribuído para a sustentabilidade de sistemas de produção agrícola intensivos, por manter o solo coberto com resíduos vegetais, minimizando os efeitos da erosão (ALBUQUERQUE et. al., 1995). Entretanto, após algum tempo de adoção, o solo sob plantio direto, frequentemente, apresenta, na camada superficial, valores mais elevados para densidade do solo e microporosidade e menor valores para macroporosidade e porosidade total (ALBUQUERQUE et. al., 2001; STONE e SILVEIRA, 2001). Derpsch et. al. (1986) constataram que a densidade do solo foi maior, enquanto a porosidade total e a macroporosidade foram menores, em áreas de plantio direto, em comparação com preparo convencional do solo com arado de discos. Porém, de acordo com Reeves (1995), com o passar dos anos, a densidade do solo em sistemas de plantio direto pode diminuir, em razão do aumento do nível de M.O. na camada superficial, sendo que esta contribui na melhoria da estruturação do solo.

A introdução do SPD, no qual a semeadura é realizada em terreno coberto por palha e, portanto, sem revolvimento da camada superficial do solo, deverá minimizar a formação de camadas compactadas no solo. Apesar disso, a utilização contínua do plantio direto pode resultar em aumento da densidade do solo. Kluthcouski (1998) constatou esse fato, ou seja, ocorrência de compactação em solos da região do Cerrado, submetidos a sistemas de manejo onde não se faz a movimentação do solo, resultante apenas do trânsito de máquinas nas operações de pulverização, plantio e colheita.

Estudos de Carvalho et. al. (2003) e Santos et. al. (2006), relativos à densidade do solo, convergem para o fato de que com o seu aumento, desencadearia no geral, uma diminuição da produtividade agrícola. Assim, dados indicam que densidades entre 1,70-1,80 kg dm<sup>-3</sup> dificultam a penetração das raízes, e que, acima de 1,90 kg dm<sup>-3</sup> podem impedir o desenvolvimento radicular (KIEHL, 1979). A porosidade total e, particularmente a relação macro/microporos, por afetar as fases líquida e gasosa do solo,

está estreitamente ligada aos processos bioquímicos das plantas e sua produtividade (EPSTEIN e BLOOM, 2006). De acordo com Kiehl (1979), porosidade total é referida como ideal quando se apresenta com  $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  do volume total do solo. Porém, o solo pode ter uma porosidade total mínima em torno de  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e máxima de aproximadamente  $0,80 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Autores como Gupta e Allmaras (1987) e Imhoff et. al. (2001) relatam que a densidade do solo (Ds), a macroporosidade e a relação macro/microporos são atributos muito utilizados como indicadores do estado de estruturação do solo. Campbell (1994) comentou que pelo fato da Ds ser influenciada pela textura e pelos seus constituintes, entre eles a matéria orgânica, esses parâmetros podem não apresentar uma estreita correlação com o crescimento das plantas.

Segundo Larson e Gupta (1980), a compressão dos solos agrícolas, decorrente das operações mecanizadas, pode alterar a distribuição e o tamanho dos poros e, conseqüentemente, a tensão com que a água é retida. Borges et. al. (1999) afirmam que o uso intensivo e prolongado de fertilizantes e de mecanização agrícola em determinadas classes de latossolos pode promover a dispersão dos agregados, com a individualização das partículas, as quais se deslocam com a água de drenagem, depositando nos poros do solo e alterando esta relação macro/microporos em profundidade. Horn e Lebert (1994) observaram, por sua vez, que a variação da tensão da água no solo afeta seu comportamento compressivo, podendo afetar esta redação. Apesar disso, são poucos os trabalhos que relacionam tal dependência, particularmente em relação aos latossolos (LARSON e GUPTA, 1980; CARPENEDO, 1994).

Klein e Libardi (2002), ao avaliarem diferentes manejos, observaram alterações na estrutura do solo, como o aumento da densidade, a redução da porosidade total e alteração na distribuição do diâmetro dos poros, em função do manejo adotado, com conseqüente diminuição da condutividade hidráulica do solo estudado. Vomocil & Flocker (1961), estudando as relações entre espaço poroso e compactação, verificaram que uma redução de 90% no espaço poroso restringia o crescimento vegetal por deficiência de oxigênio, excesso de gás carbônico e presença de elementos em níveis tóxicos, devido ao ambiente redutor.

Em recente estudo realizado por Cavalieri et. al. (2006), avaliando a densidade do solo nos preparos SPD, SPC e cultivo mínimo (CM), foi verificado que no SPD e no CM ocorreu maior densidade do solo, o que, conseqüentemente, provocou maior resistência à penetração do sistema radicular.

## 2.5 POROSIDADE TOTAL, MACRO E MICROPOROSIDADE DO SOLO

A habilidade das plantas em explorar o solo, em busca de água e nutrientes, depende da distribuição de raízes no perfil do solo. Esta, por sua vez, depende das condições físicas e químicas, as quais são passíveis de alterações em função do manejo aplicado (ROSOLEM et. al., 1992). A análise das características físicas do solo é importante para se avaliar o impacto dos diferentes sistemas de uso do solo. Como não há revolvimento do solo no SPD, pode decorrer a formação de camadas compactadas pelas pressões exercidas pelas máquinas ou por animais em áreas de integração lavoura pecuária. Sistemas que podem levar à compactação do solo como plantio direto e a integração lavoura pecuária fazem com que ocorra um aumento na densidade e conseqüente redução da porosidade, principalmente, macroporosidade ou porosidade de aeração (poros maiores que 50  $\mu\text{m}$ ). A degradação da estrutura do solo causa perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada (ALBUQUERQUE et. al., 1995; REINERT, 1997). Em Latossolo Vermelho, no município de Jaboticabal (SP), Corsini e Ferraudo (1999) verificaram que a quantidade de macroporos foi pouco alterada no sistema de PD, mas observaram uma redução de aproximadamente 50% da porosidade no sistema de plantio convencional (SPC) após oito anos de uso. De acordo com Cruz et. al. (2003), o sistema de PC apresentou porosidade total e macroporosidade maiores que os dois sistemas PD e campo nativo, até 0,10 m de profundidade. Avaliando o SPD, Assis e Lanças (2005) observaram que, após 12 anos de uso, ocorreu aumento da macroporosidade e diminuição da microporosidade na camada de 0-5 cm em relação ao plantio convencional. Trabalhando com solo, cultivado e mata nativa, Araújo et. al. (2004) afirmam que os valores de macroporos e de porosidade total do solo foram significativamente menores no solo cultivado, em comparação com os do solo sob mata nativa. Em relação aos microporos, estes autores não encontraram diferença significativa entre os dois sistemas estudados. Silva e Kay (1997) salientam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas e implementos.

Segundo Borges et. al. (1997), algumas práticas agrícolas têm causado problemas de compactação, com conseqüente diminuição da porosidade total,

principalmente a macroporosidade, refletindo negativamente nas trocas gasosas, no desenvolvimento de raízes e no movimento da água no perfil do solo.

## 2.6 AGREGADOS DO SOLO

A adoção de sistemas de manejo sem revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície favorecem o contínuo aporte de carbono orgânico, o que é fundamental para a manutenção de uma estrutura de boa qualidade (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990). Assim, a semeadura direta apresenta-se como um sistema de manejo conservacionista do solo, pois, além de não revolver o solo, mantém os resíduos vegetais na superfície, preservando e/ou aumentando o teor de matéria orgânica (BAYER e MIELNICZUK, 1997; CASTRO FILHO et. al., 1998), apesar de aumentar a densidade e reduzir a porosidade superficial (BERTOL et. al., 200). Estudando a qualidade estrutural do solo, Sá et. al. (2000), ao citarem diversas pesquisas, comentam que a estabilidade de agregados é tida como um importante indicador dos processos envolvidos na degradação do solo, pois influencia a infiltração, retenção de água, aeração e resistência à penetração de raízes. Citam, ainda, que, com a deterioração da estrutura do solo, ocorre o selamento e encrostamento superficial, com conseqüente favorecimento à erosão. Na maioria dos casos, o uso intensivo causa redução da estabilidade dos agregados, deixando os solos mais compactados e suscetíveis aos processos erosivos. Para um mesmo solo, diferentes práticas de manejo podem afetar distintamente suas propriedades, incluindo os processos de agregação (ROTH e PAVAN, 1991; CASTRO FILHO et. al., 1998). Desse modo, é de suma importância o conhecimento da estabilidade de agregados na definição dos indicadores da qualidade do solo.

A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o plantio direto, tem sido apresentada como uma opção para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola dos latossolos no Brasil (SILVA et al., 2000). Entretanto, é freqüente o uso do sistema de cultivo convencional, especialmente baseado no uso excessivo de grade aradora, que diminui a estabilidade dos agregados causando sua destruição.

Castro Filho et. al. (1998), estudando um Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho férrico) na região de Londrina – PR, concluíram que o acúmulo de resíduos vegetais na superfície, como conseqüência da adoção do SPD, melhorou o estado de agregação, graças ao incremento do teor de carbono oxigênio, sobretudo na camada de 0-10 cm,

independentemente da sucessão de culturas. Em suas discussões, Castro Filho et. al. (1998) observaram que os valores do diâmetro médio geométrico dos agregados foram significativamente superiores no SPD, em relação aos do plantio convencional.

Segundo Da Ros et al. (1997), após cinco anos de cultivo, o diâmetro médio geométrico dos agregados no tratamento com sistema plantio direto foi estatisticamente equivalente ao do campo nativo, diminuindo com o aumento da intensidade de preparo do solo, com valores de 2,96 vezes menores no preparo convencional, comparado ao campo nativo. Campos et al. (1995) constataram que no sistema de plantio direto o diâmetro médio geométrico dos agregados foi cerca de duas vezes maior que no sistema de plantio convencional.

Em solos de clima tropical e subtropical, como os latossolos em geral, os elevados teores de sesquióxidos de ferro e alumínio e de matéria orgânica são determinantes na formação de agregados estáveis (STEVENSON, 1982). Para esse autor, a ação específica das substâncias orgânicas atua como agente na coesão das partículas de argila através de pontes de hidrogênio, ligações físicas por forças de Van der Waals, substâncias gelatinosas, hifas de fungos e raízes microscópicas de plantas, que podem circundar partículas do solo, formando agregados estáveis.

Strickling (1951) observou variação sazonal na estabilidade dos agregados, provocada pela deposição e decomposição de matéria orgânica da cultura da soja. Saloman (1962) observou que os agregados foram maiores, quando a relação C/N foi maior que 13. A matéria orgânica rica em nitrogênio é rapidamente decomposta (FAHAD et al. 1982) e por isso menos efetiva na estruturação do solo (YAACOB e BLAIR, 1981).

Miyasaka et al. (1996) enfatizam que o papel principal da matéria orgânica no solo não é fornecer nutrientes, já que a adubação mineral poderá suprir essa necessidade, mas sim fornecer ao solo substâncias agregantes, ativar a vida microbiana, aumentar a capacidade de troca e o poder tampão do solo.

Além da natureza do cátion saturante, da presença e solubilidade dos sais em excesso e de fatores biológicos (ISLAM & HOSSAIN, 1954; MARTIN et al., 1955), tem-se constatado grande influência dos minerais de argilas, óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio e da matéria orgânica na formação e estabilidade dos agregados (ALLINSON, 1973).

## 2.7 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) - MATÉRIA ORGÂNICA

O solo é um compartimento terrestre que apresenta grande dinamismo em seus constituintes e está ligado às características e aos processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, sendo a fase sólida constituída da fração mineral e orgânica. A fração orgânica corresponde à M.O. e é constituída basicamente por C (58%), H (6%), O (33%) e N, S, P (3%) (SILVA e MENDONÇA, 2007).

Os componentes orgânicos são representados pelos resíduos vegetais e animais, frescos ou nos mais variados estados de decomposição, sendo que os resíduos vegetais constituem a principal fonte da M.O. do solo. A mineralização da M.O. é um processo dinâmico caracterizado pela transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (como os ácidos orgânicos e húmus) ou mineralizadas (como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, CO<sub>2</sub>, água, etc). Este processo ocorre mais intensamente nas regiões tropicais e está diretamente ligado às condições de umidade, temperatura, aos microorganismos e às características mineralógicas do solo (CALEGARI et al., 1998). Roscoe et al. (2006), citando alguns trabalhos realizados na região Sul do Brasil e nas regiões do cerrado e amazônica, relataram que na região Sul ocorre maior incremento nos teores de C no solo sob SPD, devido sua menor decomposição em relação às duas outras regiões citadas. No decorrer da decomposição da M.O., alguns elementos são volatilizados, outros utilizados por microorganismos na elaboração de seu protoplasma e outros compostos, e ainda, serão gradualmente transformados em uma substância de coloração escura, de consistência amanteigada, tendo propriedades químicas e físico-químicas características, denominada húmus (KIEHL, 1979). Em condições tropicais e subtropicais, a produção agrícola e a qualidade ambiental devem ser baseadas na manutenção da quantidade e qualidade da M.O. do solo, portanto, manejos que visam um maior aporte de C no solo são importantes.

A M.O. proporciona melhores condições química, física e biológica no solo, proporcionando maior equilíbrio nas relações entre a atividade biológica, fertilidade e conservação dos solos, sendo então um grande indicador de qualidade do solo. Nos trópicos, a sustentabilidade de um sistema agrícola está baseada no aporte de material orgânico que nele permanece e é continuamente reciclado, e somente a partir da contínua reposição é que se podem alcançar os benefícios resultantes de seu uso. A matéria orgânica se constitui, portanto, em um componente importante como fonte de

nutrientes e energia para muitos organismos, além de possibilitar benefícios como melhor estruturação e capacidade de armazenamento de água no solo, processos fundamentais ao desenvolvimento da cultura agrícola e da biota do solo (DE POLLI e PIMENTEL, 2005).

Segundo pesquisas realizadas por alguns autores, a M.O. colabora na estruturação do solo. Costa et al. (2003), comparando SPD, conduzido por 21 anos, com SPC, correlacionaram teores de carbono orgânico total (COT) com diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, demonstrando relação existente entre esses dois fatores e mostrando que quanto maior o teor de COT, maior é o DMG, o que confirma então uma melhor estruturação do solo.

A M.O. do solo é, praticamente, a principal fonte de N para as plantas, sendo ainda, fornecedora dos elementos P e S, bem como vários micronutrientes (KIEHL, 1979). Neste sentido, o SPD tem se mostrado uma alternativa viável, pois, a não incorporação dos resíduos reduz sua taxa de mineralização, permitindo assim, um maior acúmulo de C no solo. Além destes benefícios citados, a adição de material orgânico ao solo tem provocado uma diminuição do teor de Al trocável (MIYASAWA et al., 1993), que pode ser explicada pelo aumento de pH e pela complexação do Al (MIYASAWA et al., 1993). Entretanto, essa diminuição pode ser devida à adsorção específica do Al pelos grupamentos funcionais da M.O., formando complexos de esfera interna (SALET, 1998). Este autor, correlacionando os teores de matéria orgânica com os de alumínio, observou a diminuição do teor de Al com o aumento dos teores de M.O. do solo, demonstrando outro benefício do acúmulo de matéria orgânica ao solo.

O acúmulo de material orgânico no solo verificado no SPD deve-se à adição de biomassa sobre a superfície do solo, considerando a cobertura permanente do solo, a rotação de culturas, as menores taxas de erosão do solo, a menor decomposição da matéria orgânica e pelo não revolvimento do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007). Com o aumento do teor de matéria orgânica, haverá então, qualidade do solo, tanto em propriedades químicas, físicas, quanto biológicas.

## 2.8 FÓSFORO NO SOLO

Na região dos cerrados, uma das principais limitações é a baixa fertilidade natural de seus solos. O fósforo é o nutriente mais deficiente nestes solos em condições naturais e depende muito de adubação fosfatada (SOUSA et al., 2004; LOPES, 1994).

Devido às características desses solos, são grandes as quantidades de fósforo a serem aplicadas neles para manter uma adequada disponibilidade do nutriente às plantas cultivadas. Esse é um dos investimentos mais altos para a prática da agricultura comercial nestes solos (SOUSA et al., 2004). Lopes (2004), citando Sá (1999), relata que no solo sob SPD, o fósforo tem comportamento diferenciado ao SPC em dois aspectos. Um deles é a ausência de revolvimento do solo, que reduz a adsorção de P nos colóides, com conseqüente aumento da sua disponibilidade às plantas, e o outro é a decomposição dos materiais orgânicos, que no SPD é lenta e gradual, disponibilizando formas orgânicas de P menos susceptíveis às reações de adsorção. O fósforo, na forma de íon-fosfato ( $PO_4^{2-}$ ), é um nutriente de pouca mobilidade no solo, devido as suas cargas negativas que se ligam aos óxidos, oxi-hidroxidos e hidróxidos de Fe e Al. Nas plantas, o P, na forma inorgânica, apresenta grande mobilidade, acumulando e distribuindo energia na forma adenosina tri-fosfato (ATP) (RAIJ et al., 1987). Sá (1993), em estudo de concentração de fósforo em diferentes profundidades e em várias unidades pedológicas dos Campos Gerais de Paraná, observou que a concentração de P ocorreu principalmente na camada de 0-2,5 cm do solo, confirmando então a baixa mobilidade desse nutriente. A maior disponibilidade desse nutriente deve-se então à aplicação anual de fertilizantes fosfatados e da sua liberação mediante a decomposição dos resíduos vegetais. Resultados similares foram encontrados por Santos e Tomm (2003), avaliando teores de P nos sistemas PD, cultivo mínimo (CM), preparo convencional com arado de discos (PCD) e preparo convencional com arado de aivecas (PCA) e três sistemas de rotações de culturas. Eles verificaram que os valores de P, na camada 0-5 cm, foram mais elevados nos sistemas conservacionistas (SPD e CM), em relação aos observados nos sistemas convencionais (PCD e PCA). Os valores de P foram mais elevados na camada 0-5 cm, quando comparada com a observada de 15-20 cm de profundidade, em todos os sistemas de manejo e cultivo do solo.

## 2.9 CÁLCIO E MAGNÉSIO NO SOLO

A nutrição com cálcio e magnésio trocáveis não se constitui, geralmente, em grande preocupação nos programas de adubação, tendo em vista que a prática da calagem ainda é a maneira mais usual de fornecimento destes nutrientes às plantas (LOPES e GUILHERME, 1992). O cálcio e magnésio trocáveis estão relacionados com

a aplicação de calcário no solo, e muitos são os estudos sobre a eficiência e efeitos da calagem na produtividade como melhoria das condições químicas do solo.

Em trabalho realizado por Sidiras e Pavan (1985), avaliando a influência do sistema de manejo do solo na fertilidade, verificou-se que o SPD promoveu aumento no pH do solo e nos teores de Ca, Mg e K e diminuição na saturação de Al, resultando, conseqüentemente, em um ambiente favorável ao desenvolvimento do sistema radicular. Os níveis mais elevados de fertilidade do sistema estiveram associados com o retorno dos resíduos das plantas à superfície do solo, os quais contribuíram também para aliviar os problemas relacionados com a acidez, devido à complexação do alumínio trocável.

Pesquisas realizadas com aplicação de calcário na superfície em solos brasileiros têm indicado aumentos de pH e dos teores de Ca e Mg trocáveis e redução do Al trocável até camadas de 20–40 cm (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998; 2000) ou de 40–60 cm (CAIRES et al., 2001), em regiões sem problemas de limitação hídrica. Em estudo realizado por Alleoni et al. (2005), avaliando durante 6, 18 e 30 meses após a correção da acidez no perfil do solo com o uso de calcário, verificou-se aumento dos teores de Ca e Mg, tanto em aplicação na superfície, quanto em aplicação com o uso de incorporação do calcário. Após seis meses, a calagem superficial promoveu aumento nos valores de pH, na saturação por bases e nos teores de Ca e Mg trocáveis, bem como diminuição nos teores de Al trocável e da acidez potencial (H+Al) somente na camada de 0–5 cm. Aos 18 e 30 meses da aplicação do calcário, tais feitos estenderam-se até 10 cm.

## 2.10 POTÁSSIO NO SOLO

Nas plantas, o potássio exerce várias funções, destacando-se principalmente a ativação de vários sistemas enzimáticos atuantes nos processos de respiração e fotossíntese (ERNANI et al., 2007). O K, que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas (MARSCHNER, 1995), é rapidamente lixiviado logo após o manejo das plantas de cobertura, com pequena dependência dos processos microbianos. Segundo Malavolta (1989), o K é um elemento importante na regulação de abertura e fechamento dos estômatos, além de ser necessário para a formação de açúcares e do amido e para o seu transporte até os órgãos de reserva.

Segundo Ernani et al. (2007), citando trabalho de Sparks (2000), a maior parte do K (98%) encontra-se na estrutura dos minerais primários e secundários, e somente

uma pequena fração encontra-se disponível às plantas, seja ligado às cargas elétricas negativas ou na solução do solo.

Com a adoção do SPD, a dinâmica do K no solo é alterada, principalmente pelo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e pelo aumento da sua disponibilidade via reciclagem de nutrientes. Segundo Anghinoni (2007), citando Mielniczuk (2005), o escoamento superficial da água pode provocar perdas de K retidos na palha e na camada superficial do solo, sendo que o K é livre nos tecidos vegetais, podendo ser facilmente removido pela água após a senescência das plantas. Em SPD, perdas de K por lixiviação, proporcionadas pela aplicação de gesso, têm sido muito pequenas (CAIRES et. al., 1998; 2002). A lixiviação de K trocável pode ocorrer devido uso excessivo de gesso, conforme o tipo de solo (SOUZA e RITCHEY, 1986; SUMNER, 1995).

O aumento da CTC e do pH do solo, devido à elevação do teor de M.O., à calagem e ao alto teor de argila, respectivamente, aumentam a capacidade do solo em reter K trocável e modificam sua distribuição entre a fase sólida (micela coloidal) e a solução do solo, reduzindo o seu teor na solução, com diminuição das perdas por lixiviação (ANGHINONI, 2007). No SPD, a adubação com potássio, a ausência de revolvimento ou o mínimo revolvimento do solo e o grande aporte de resíduos na superfície fazem com que aumente a concentração desse nutriente no solo, formando um gradiente decrescente de concentração ao longo do perfil do solo.

## 2.11 NITROGÊNIO NO SOLO

O grande estoque de N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da M.O., cuja relevância para a fertilidade do solo é bem estabelecida. A mineralização da M.O. libera N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N para as plantas em muitos sistemas agrícolas. O SPD pode provocar alterações na dinâmica do N, ao promover um incremento no aporte de resíduos orgânicos na forma de palha, com menor contato com o solo e ao determinar o não-revolvimento mecânico deste (CANTARELLA, 2007).

Segundo Anghinoni (2007), durante a decomposição dos resíduos, os compostos com N passam por transformações, e a disponibilidade de N para as culturas é determinada pelo balanço líquido entre os processos de mineralização, imobilização, nitrificação, lixiviação, volatilização e desnitrificação. Os efeitos das altas relações C/N tendem a ser mais pronunciados nos primeiros anos de adoção do SPD e serão ainda

maiores se o solo for bastante degradado (SÁ, 1999). Com o passar do tempo de adoção do sistema, ocorre um aumento no teor de M.O. e na liberação de N. A importância da cultura antecessora à cultura principal em SPD tem sido mostrada em diversos trabalhos, com maiores alternativas no sul do país, em relação ao cerrado. A dinâmica do N no sistema solo-planta, com a consequente eficiência da utilização de N pela planta, é influenciada principalmente pelo sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas (AMADO et al., 2002). A maioria dos trabalhos demonstra que existe grande variação no aproveitamento do N do fertilizante pelo milho, que raramente ultrapassa a 50% do N aplicado (SCIVITTARO et al., 2000). O não-revolvimento do solo promove modificações na ciclagem dos nutrientes, e o N é o mais afetado, pois com a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo, processos como a imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação são alterados (CABEZAS et al., 2000).

De acordo com Anghinoni (2007), o tempo de estabelecimento do SPD discrimina-se da seguinte forma: fase inicial, 0-5 anos; fase de transição, 5-10 anos; fase de consolidação, 10-20 anos e fase de manutenção, > 20 anos. A fase inicial corresponde ao baixo teor de M.O., baixo acúmulo de palha, maior exigência de N e rearranjo da estrutura. A fase de transição corresponde ao início de acúmulo de M.O., início de acúmulo de palha, início de acúmulo de fósforo e reagregação do solo. A fase de consolidação confere acúmulo de M.O., acúmulo de palha, aumento da CTC e reciclagem de nutrientes. A fase de manutenção é correspondente a maior ciclagem de nutrientes, menor exigência de N e P, fluxo contínuo de C e N, elevado acúmulo de palha e aumento da disponibilidade de água.

Resultados de pesquisas em condições edafoclimáticas diferentes e que apresentam considerável acúmulo de palha, maior teor de matéria orgânica do solo e maior tempo de adoção do SPD, têm influenciado na recomendação de manejo da adubação nitrogenada no milho, para as condições de cerrado. Isto implica numa maior necessidade de estudos para o entendimento da dinâmica e recuperação do N no sistema solo-planta e possibilita a tomada de decisão quanto a formas de manejo para que a disponibilidade de N ocorra em sincronia com a necessidade da cultura (CABEZAS et al., 2004).

No SPD há uma preocupação com o potencial de perdas de N por volatilização de amônia, resultante da aplicação superficial de uréia. Anghinoni (2007), citando trabalho de Cabezas et al. (1997), aponta perdas desse nutriente em até 80% nesse

sistema, superior aos 30% que ocorrem no SPC. Isto ocorre devido à volatilização da amônia pela aplicação de uréia na superfície. Outro tipo de perda de N no SPD é pela abundância de palha, a qual contém a enzima urease, que ajuda a promover perdas de N no sistema. Barreto e Westerman (1989), citados por Cantarella (2007), observou que a atividade da urease em resíduos de culturas foi cerca de trinta vezes maior e, em solos sob SPD, quatro vezes maior do que em solos sob cultivo convencional. Portanto, solos com restos de culturas tendem a apresentar maior atividade de urease e maiores perdas de  $\text{NH}_3$  do que em solos descobertos.

## 2.12 ALUMÍNIO NO SOLO

O alumínio é um importante componente da acidez dos solos e, quando está na solução do solo, torna-se tóxico às plantas. Quanto mais ácido é o solo, maior é a capacidade do Al causar dano às plantas. O SPD apresenta uma “frente de acidificação” nos primeiros centímetros de solo que é caracterizada por um pH baixo e altos teores de Al trocável. No entanto, mesmo o alumínio estando em altos teores no solo, não significa que está na forma tóxica às plantas.

Com relação à fertilidade dos solos, o Al, em concentração elevada, pode interferir na disponibilidade de alguns nutrientes, como por exemplo, na solubilidade do fosfato no solo, sendo que o fosfato reage com o Al solúvel, formando fosfatos de alumínio de baixa solubilidade em solos ácidos (SOUSA et al., 2007). Então, para a correção da acidez superficial e subsuperficial do solo, o insumo mais indicado é o calcário, para a camada superficial e, para a subsuperficial, em solos com argila de baixa atividade, é o gesso agrícola.

Segundo Anghinoni (2007), a redução da acidez e a diminuição da toxidez por Al resultam da ação contínua da decomposição dos resíduos, pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (cítrico, oxálico, málico, aconítico, e fumárico, entre outros) das culturas na superfície do solo. Então, a estimativa da atividade química do alumínio é a melhor indicação de uma possível toxidez. A toxidez pode ser diminuída pela complexação do alumínio por ligantes aniônicos orgânicos e inorgânicos e pela força iônica da solução do solo. Salet et al. (1999) estimaram a atividade e especiação do alumínio na solução do solo nos sistemas plantio direto e convencional e verificaram que a maior parte do alumínio solúvel no SPD apresentou-se complexado como Al – ligantes orgânicos e que neste sistema houve um menor percentual de espécies tóxicas

de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{AlOH}^{2-}$ ) na solução do solo, em relação ao SPC, devendo-se à maior quantidade de ligantes orgânicos solúveis no solo.

Bayer e Mielniczuk (1997), avaliando alumínio em plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo, em três profundidades, não verificaram diferença entre os tratamentos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi instalado no ano de 2000, na Fazenda do Glória, Município de Uberlândia-MG, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. Nesta área, o solo dominante é o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), fase cerrado. Pela classificação de Köpen, o clima predominante na área é o Cwa, que se caracteriza como clima temperado suave (mesotérmico), chuvoso, com inverno seco. A temperatura do mês mais frio entre -3 e 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C. A precipitação média é de 1.550 mm anuais, caracterizada por um período chuvoso de seis meses (outubro a abril), sendo que o trimestre dezembro – janeiro - fevereiro apresenta maior pluviosidade, podendo atingir de 600 a 900 mm. O trimestre junho – julho – agosto corresponde ao período mais seco. O regime de umidade do solo, de acordo com a Soil Taxonomy (USDA, 1975), é o "ustic" e o número de dias acumulados em que a seção de controle permanece seca é superior a 90, sendo que os dias acumulados em que esta seção permanece úmida superam a 180. A temperatura média do solo a 50 cm de profundidade está em torno de 22°C, correspondendo, de acordo com a Soil Taxonomy, ao regime térmico "Isohyperthermic" (EMBRAPA, 1982).

A definição final da área para instalação do experimento, que envolve culturas anuais, ocorreu em solo originalmente sob vegetação de cerrado, mas sob uso de pastagem com sinais de degradação.

O delineamento estatístico proposto foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As parcelas de 11,0 x 25,0 m (Anexo C), totalizando 7700 m<sup>2</sup>, cultivadas com a rotação de culturas milho/soja no sistema integrado lavoura-pecuária (ILP), são constituídas por tratamentos com calcário e/ou gesso, com e/ou sem mecanização para a incorporação do calcário e gesso nas parcelas.

A seqüência de culturas propostas visa integrar uma área de pastagem degradada, formada com *Brachiaria sp* ao sistema lavoura - pecuária, tendo como objetivo a diversificação do sistema de produção e a recuperação da pastagem degradada.

A partir do início da pesquisa, foi estabelecida a sucessão na seguinte ordem: no inverno de 2000 foi feita a aplicação de calcário em todas as parcelas, conforme preconiza os tratamentos e de acordo com os resultados de análises do solo, em quantidade visando atingir saturação por bases de 50 %. Nas parcelas que receberam gesso como tratamento, este foi aplicado com o calcário em dose fixa, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). No

verão (primeiro ano agrícola – safra 2000/2001), semeou-se milho precoce após dessecação da cobertura original degradada, com a finalidade de produzir palha e dar início à cobertura com a *Brachiaria sp* para o inverno de 2001. Na safra de 2001/2002, semeou-se soja precoce e, após a colheita, foi estabelecida pastagem de *Brachiaria sp*. em todas as parcelas. A rotação milho-soja foi seguida por mais três anos, até possibilitar a recuperação das condições de qualidade ambiental do solo e conseqüentemente da pastagem degradada.

A cada ano, após a colheita da cultura principal, foi realizada uma nova aplicação de calcário, até que todas as parcelas passassem a apresentar uma saturação de bases mínima de 50 %, na profundidade de 0 a 20 cm.

As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio, bem como aquelas com micronutrientes, foram efetuadas em quantidades equivalentes a 1,5 vezes à necessidade das culturas, de acordo com os níveis apresentados pelo solo e o preconizado pela CFSEMG (1999).

Quadro 1 – Caracterização química e textural do solo em amostras de 0-20 cm, ano agrícola de 2000.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	M.O.	Areia	Silte	Argila
água	mg dm <sup>-3</sup>		_____	_____	_____	_____	%	_____	g kg <sup>-1</sup>	_____	_____
5,2	1,0	31	0,2	0,1	0,6	4,0	8	21	550	30	420

pH em água 1:2,5, Ca, Mg, Al<sup>3+</sup>- (EMBRAPA, 1997); K, P disponível (extrator Mehlich-1) (EMBRAPA, 1997); M.O. (Yeomans & Bremner, 1988); H+Al - método de determinação Ca(OAc)<sub>2</sub> pH 7,5 (EMBRAPA, 1997); areia, silte e argila - método NaOH 0,1 mol l<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997).

Os tratamentos estudados foram os seguintes:

1. Manejo em cultivo convencional com calcário + gesso agrícola, incorporados com grade pesada (CCCG);
2. Manejo em cultivo convencional com calcário, incorporado com grade pesada (CCC);
3. Manejo com ausência de preparo do solo e calcário + gesso agrícola, aplicados na superfície (sem incorporação) (APCG);
4. Manejo em cultivo mínimo com calcário parcialmente incorporado com o arado escarificador (CMC);
5. Manejo em cultivo mínimo com calcário + gesso agrícola parcialmente incorporados com arado escarificador (CMCG);

6. Manejo com ausência de preparo do solo com calcário aplicado na superfície (sem incorporação) (APC);

7. Manejo em plantio direto com calcário + gesso agrícola, porém incorporados com grade apenas no ano agrícola de 2000 (PDCG).

Foram coletadas amostras de solo em três profundidades: 0-5 cm, 5-15 cm e 15-30 cm, em cada tratamento descrito acima. As amostras foram coletadas nos dias 1º e 2 de junho de 2007. Após secagem, preparo e acondicionamento das amostras, estas foram submetidas às análises nos Laboratórios de Manejo de Solos (LAMAS) e de Análise de Solo (LABAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, conforme Embrapa (1997).

### 3.1 ANÁLISES FÍSICAS

#### 3.1.1 Densidade do solo

Para avaliação da densidade do solo ( $D_s$ ), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas em anel de aço de Kopecky de bordas cortantes com volume interno de aproximadamente  $80 \text{ cm}^3$ . Introduziu-se o anel de aço no solo com auxílio do amostrador tipo Uhland até o preenchimento total do anel, à profundidade desejada. As profundidades analisadas foram: 0-5 cm; 7,5-12,5 cm, representando a profundidade 5-15 cm; 20-25 cm, representando a profundidade 15-30 cm. O excesso de solo dos anéis foi removido com auxílio de canivete e esponja de lã de aço, revestindo-se a parte superior e a inferior dos anéis com plástico, fixando-o com uma goma elástica, assim mantendo a amostra indeformada. No laboratório, os anéis com o solo foram levados para estufa, a  $105^\circ\text{C}$  e por aproximadamente 24 horas, até peso constante.

Após esse período, as amostras foram pesadas, determinando-se a seguir a densidade do solo ( $D_s$ ), em  $\text{kg dm}^{-3}$ , através da expressão 1 (EMBRAPA, 1997):

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (1)$$

Onde:

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ );

$M_s$  = massa da amostra de solo seca a  $105^\circ\text{C}$  (g);

$V_t$  = volume do anel ( $\text{cm}^3$ ).

### 3.1.2 Densidade de partícula

A densidade de partículas foi determinada pela metodologia do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). Esta metodologia visa determinar o volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo uma amostra de terra fina seca ao ar (TFSA). Para a realização da análise, determina-se previamente a umidade higroscópica (W) de cada amostra, após secagem em estufa, a 105°C. Após conhecida esta umidade, 20g de TFSA são transferidas para balão volumétrico de 50 mL. Adiciona-se, inicialmente, cerca de 20 mL de álcool etílico no balão de 50 mL, agitando-o para eliminação das bolhas de ar, completando posteriormente o volume. De posse do volume de álcool (mL) gasto, determinou-se o volume do solo (TFSA) pela expressão:  $V_s = 50\text{mL} - (\text{mL} + W)$ . A densidade de partículas é então determinada pela seguinte expressão 2:

$$D_p = \frac{M_s - W}{V_b - (V_l + W)} \quad (2)$$

Onde:

$D_p$  = densidade de partículas, em  $\text{kg dm}^{-3}$ ;

$M_s$  = massa da amostra de solo (TFSA) em gramas;

$W$  = umidade higroscópica (**g** ou  $\text{cm}^3$ )

$V_b$  = volume do balão (50 mL)

$V_l$  = volume de líquido gasto (mL)

Obs.: 1 mL = 1  $\text{cm}^3$  e considerando a densidade da água ( $1\text{g/cm}^3$ ), então 1g = 1 $\text{cm}^3$ .

### 3.1.3 Porosidade do solo

A porosidade total do solo, ou seja, o volume vazio do solo que pode estar ocupado por água e/ou ar, foi obtido indiretamente através da relação existente entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e a densidade de partículas ( $D_p$ ), conforme metodologia proposta por Embrapa (1997), obtida pela seguinte expressão 3:

$$P_t = \frac{(D_p - D_s)}{D_p} \quad (3)$$

Onde:

$P_t$  = porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

$D_p$  = densidade de partículas, em  $\text{kg dm}^{-3}$

$D_s$  = Densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ );

### 3.1.4 Microporosidade do solo

Para estudo da microporosidade do solo ( $M_i$ ), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes (EMBRAPA, 1997) com volume interno de aproximadamente  $80 \text{ cm}^3$ , conforme descrição para densidade do solo. No laboratório, os anéis tiveram a adição de uma seda na parte não cortante e esta foi colada com silicone. Após 24 horas, foi cortada a borda da seda e utilizou-se um anel de mesmo diâmetro para se obter o peso da seda + silicone. As amostras foram saturadas com água durante cerca de 48 horas, sendo que a água foi adicionada gradualmente com o propósito de expulsar todo o ar dos microporos e após foram pesadas para se obter o peso saturado das amostras e colocadas em uma mesa de tensão, para então serem submetidas a sucção de 6 KPa. Conforme Embrapa (1997), este valor de sucção drena a água dos poros com calibre maior que 0,05 mm, que é considerado o limite entre macro e microporos do solo.

Após cessar a drenagem das amostras, o material foi novamente pesado e a seguir colocado em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , por um período de 24 horas, até obter peso constante. Com os dados assim obtidos, determinou-se a  $M_i$ , através da expressão 4:

$$M_i = \frac{(a - b)}{c} \quad (4)$$

Onde:

$M_i$  = microporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

$a$  = peso da amostra submetida a uma pressão de 6 Kpa (kg).

$b$  = peso da amostra, após secada a  $105^\circ\text{C}$  (kg).

$c$  = volume do cilindro ( $\text{dm}^3$ ).

### 3.1.5 Macroporosidade do solo

O cálculo da macroporosidade do solo permite avaliar o volume do solo ocupado por poros com diâmetro maior que 0,05mm. O cálculo é a diferença entre a porosidade total e o volume de microporos, obtido através da expressão 5, conforme metodologia acima descrita e preconizada por Embrapa (1997).

$$M_a = P_t - M_i \quad (5)$$

Onde:

$M_a$  = macroporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

$M_i$  = microporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

$P_t$  = porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

### 3.1.6 Agregados do solo

Através do estudo da estabilidade dos agregados por via úmida, torna-se possível o cálculo do DMG (diâmetro médio geométrico). Para isso, parte do solo foi peneirada em malha de diâmetro de 4 mm e retida em peneira com malha de 2 mm para determinação do DMG de agregados.

A metodologia aplicada para análise de agregados foi preconizada por Embrapa (1997), utilizando-se um aparelho de oscilação vertical, proposto por Yoder (1936). Dos agregados retidos em peneira de 2 mm, tomou-se amostras de 25 gramas, em triplicata. A primeira foi colocada em estufa, a 105 °C, por 24 horas, para a determinação da umidade das amostras, necessária para a correção das massas das alíquotas. As outras duas amostras foram colocadas na parte superior de um conjunto de peneiras, com 13 cm de diâmetro, na seguinte ordem: 2 mm; 1 mm; 0,50 mm e 0,25 mm de abertura de malha. Então, ajustou-se o nível de água no recipiente do aparelho de oscilação vertical (YODER, 1936), de modo que a oscilação vertical atingisse uma amplitude de 4 cm. Posteriormente, ajustou-se o aparelho de oscilação vertical em uma frequência de 32 oscilações por minuto pelo período de 4 minutos. Na seqüência, os suportes contendo os jogos de peneiras foram retirados e as frações retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio, com o auxílio de uma pisseta. As mesmas foram colocadas em estufa, a 105° C e por 24 horas. Então, calculou-se a proporção de agregados retidos em cada peneira, compreendendo os seguintes intervalos: 4-2; 2-1; 1-0,50; 0,50-0,25 mm, determinados pela expressão 6:

$$PA = \frac{MAC \times 100}{MAS} \quad (6)$$

Onde:

PA = proporção de agregados %

MAC = massa de agregados da classe, após secagem a 105° C

MAS = massa da amostra de solo, após secagem a 105° C

As proporções de agregados <0,25mm foram determinadas pela expressão 7:

$$Pa = 100 - \sum Agr \quad (7)$$

Onde:

Pa = proporção de agregados <0,25mm

$\sum Agr$  = somatório dos agregados de 4-2; 2-1; 1-0,50; 0,50-0,25 mm

De posse das proporções por classe, foi calculado o diâmetro médio geométrico pela expressão 8:

$$DMG = \text{antilog} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times \log X_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (8)$$

Onde:

DMG = diâmetro médio geométrico

W<sub>i</sub> = proporção de agregados da classe i

X<sub>i</sub> = diâmetro médio da classe i

### 3.2 Análises químicas

As análises químicas foram as seguintes: Ca e Mg - método de extração KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997); K disponível extraído por HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> (extrator Mehlich 1) e determinação no fotômetro de chama (EMBRAPA, 1997); P disponível extraído por HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> (extrator Mehlich 1) e determinação no espectrofotômetro UV- visível (EMBRAPA, 1997); Al - método de extração KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1997) ; C orgânico total (COT) por oxidação da matéria orgânica por via úmida, utilizando-se solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido e matéria orgânica do solo pela % de COT multiplicado por 1,724 (YEOMANS & BREMNER, 1988); N pelo método de Kjeldahl, após digestão sulfúrica da amostra, transformando o N orgânico em NH<sub>3</sub> e posterior transformação de NH<sub>3</sub> em NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, quando recolhido em solução alcalina (TEDESCO et al., 1985).

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR, elaborado por Ferreira (2000).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados analíticos, no que se refere a atributos físicos (Quadro 2), permitem destacar algumas diferenças, notadamente quando se compara sistemas conservacionistas com os tratamentos no sistema convencional. Observa-se que a densidade do solo, na profundidade 0-5 cm, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e foram menores devido à maior presença de matéria orgânica nos primeiros centímetros do solo. Uma análise de conjunto mostra que houve compactação em todos os sistemas de cultivo, pois a relação macro/microporos diminuiu em todos os tratamentos (sistemas de cultivo), em consonância com os valores de densidade, os quais se encontram acima daqueles originalmente encontrados para esta classe de solo (EMBRAPA, 1982). Observa-se também que os dados sobre a estabilidade de agregados (diâmetro médio geométrico - DMG) diminuíram com a compactação subsuperficial nos sistemas conservacionistas, enquanto nos tratamentos convencionais a diminuição do DMG ocorreu apenas na camada superficial (0-5 cm), devido à desagregação provocada pelas gradagens anuais. Os primeiros centímetros do solo (0-5 cm) nos sistemas conservacionistas apresentaram maior estabilidade de agregados (maior DMG), devido à matéria orgânica e a ausência de revolvimento do solo. Estes resultados são corroborados pela literatura (MIYASAKA et al., 1996; CRUZ et al., 2003).

Quadro 2: Valores de densidade, porosidade total, macro e microporos e agregados de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo e em diferentes profundidades.

<b>Densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>)</b>								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	1,28 Ab	1,21 Ab	1,35 Ab	1,26 Aa	1,35 Ab	1,33 Aa	1,34 Aa	1,30
5-15 cm	1,52 Aa	1,37 Ba	1,48 ABa	1,36 Ba	1,47 ABa	1,34 Ba	1,44 ABa	1,43
15-30 cm	1,48 Aa	1,44 Aa	1,41 Aab	1,35 Aa	1,43 Aab	1,40 Aa	1,38 Aa	1,41
Média	1,43	1,34	1,41	1,32	1,42	1,36	1,39	
CV: 4,87%								
<b>Porosidade total (m m<sup>-3</sup>)</b>								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	0,47 Aa	0,48 Aa	0,41 Ba	0,43 Ba	0,40 Ba	0,41 Ba	0,40 Ba	0,43
5-15 cm	0,36 Bb	0,40 ABb	0,37 ABb	0,41 Aa	0,38 Aba	0,39 Aba	0,38 Aba	0,38
15-30 cm	0,35 Bb	0,41 Ab	0,40 Aab	0,42 Aa	0,39 ABa	0,39 Aba	0,41 Aa	0,40
Média	0,40	0,43	0,40	0,42	0,39	0,39	0,39	
CV: 4,51%								
<b>Macroporosidade (m m<sup>-3</sup>)</b>								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	0,21 Aa	0,19 Aa	0,13 Ba	0,11 Ba	0,09 Bb	0,09 Ba	0,09 Ba	0,13
5-15 cm	0,07 Ab	0,09 Ab	0,08 Ab	0,10 Aa	0,07 Ab	0,09 Aa	0,08 Aa	0,08
15-30 cm	0,06 Bb	0,10 ABb	0,11 ABab	0,10 ABa	0,14 Aa	0,08 ABa	0,11 Aba	0,10
Média	0,12	0,13	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	
CV: 25,68%								
<b>Microporosidade (m m<sup>-3</sup>)</b>								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	0,25 Cb	0,29 ABa	0,28 BCa	0,31 ABa	0,31ABa	0,32 Aa	0,31 ABa	0,30
5-15 cm	0,29 Aa	0,31 Aa	0,29 Aa	0,31 Aa	0,30 Aa	0,30 Aa	0,30 Aa	0,30
15-30 cm	0,29 Aa	0,31 Aa	0,31 Aa	0,32Aa	0,26 Bb	0,31Aa	0,29 Aa	0,30
Média	0,28	0,30	0,29	0,32	0,29	0,31	0,30	
CV: 5,64%								
<b>DMG (mm)</b>								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	1,24 Ba	1,23 Ba	1,45 Aa	1,47 Aa	1,40 ABa	1,39 ABa	1,51 Aa	1,38
5-15 cm	1,15 Aa	1,19 Aab	1,10 Ab	1,19 Ab	1,07 Ab	1,01 Ab	1,19 Ab	1,13
15-30 cm	1,12 Aa	1,07 ABb	1,08 ABb	0,90 Bc	0,94 ABb	1,01 ABb	0,95 ABc	1,01
Média	1,17	1,16	1,21	1,19	1,14	1,14	1,21	
CV: 7,97%								

Letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. CCCG representa cultivo convencional + calcário + gesso; CCC, cultivo convencional + calcário; APCG, ausência de preparo + calcário + gesso; CMC, cultivo mínimo + calcário; CMCG, cultivo mínimo + calcário + gesso; APC, ausência de preparo + calcário; e PDCG, plantio direto + calcário + gesso.

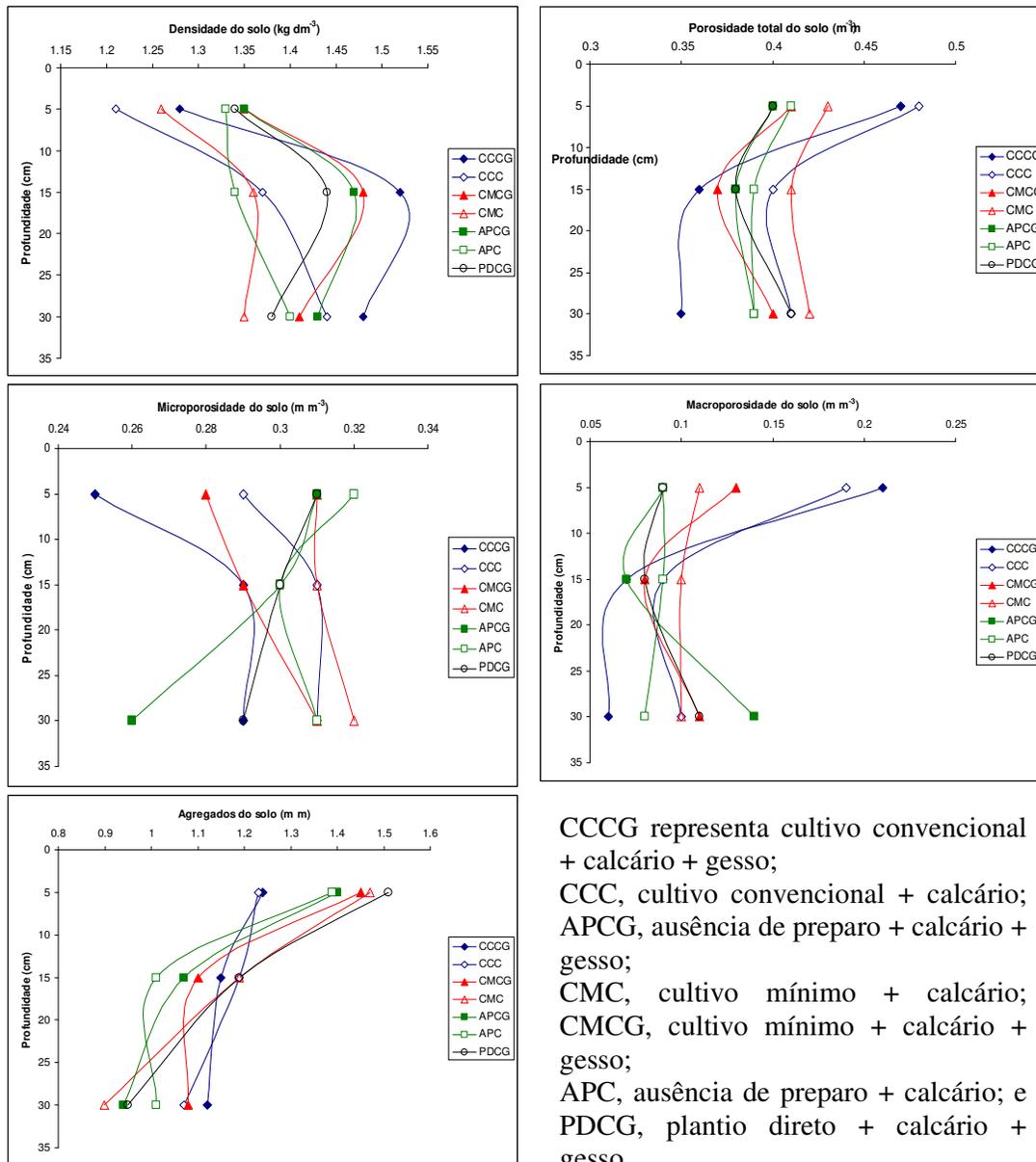


Figura 1: Variações da densidade, porosidade total, macro e microporos e agregados de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo e em três profundidades.

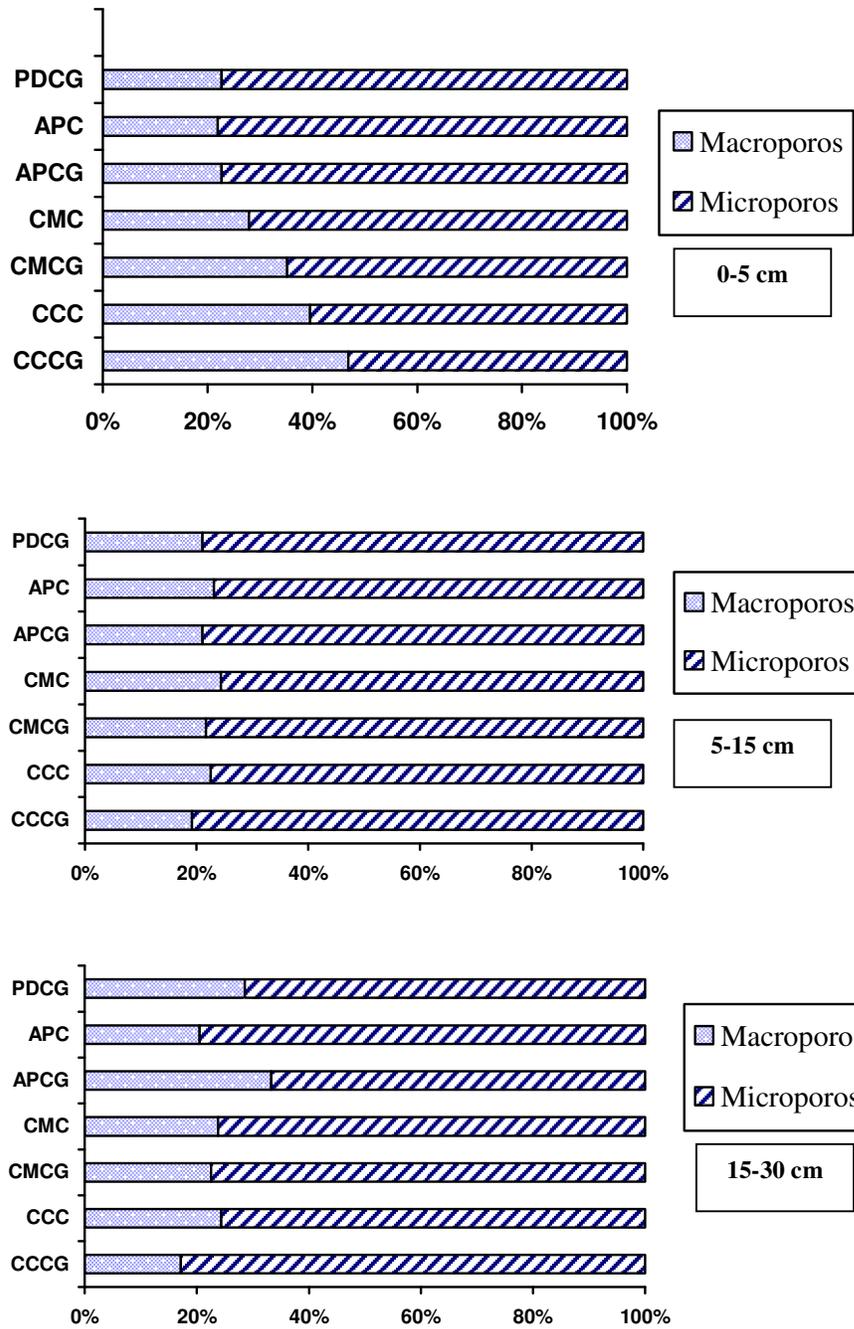


Figura 2: Relação macro/microporos, nas profundidades 0-5, 5-15 e 15-30 cm.

Letras distintas na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, onde: CCCG representa cultivo convencional + calcário + gesso; CCC, cultivo convencional + calcário; APCG, ausência de preparo + calcário + gesso; CMC, cultivo mínimo + calcário; CMCG, cultivo mínimo + calcário + gesso; APC, ausência de preparo + calcário; e PDCG, plantio direto + calcário + gesso.

Analisando os atributos químicos, observa-se (Quadro 3) que os teores de nutrientes acompanham os teores de carbono orgânico total (COT). Eles decrescem com a profundidade, conforme se verifica nos solos, em sistemas naturais, devido à ciclagem de nutrientes promovida pelas plantas. Os dados de COT mostram que os diferentes sistemas de cultivo (tratamentos) não alteraram esta tendência. Este fato é revelado pela análise estatística para as três seções de amostragem.

Os teores de N são os que apresentaram menor tendência de variação com a profundidade, o que sugere que o N mineral está contribuindo com o N total a ponto deste não acompanhar o decréscimo de COT com a profundidade (CORRÊA, 1989). Observa-se, ainda, que a relação C/N pouco varia com a profundidade.

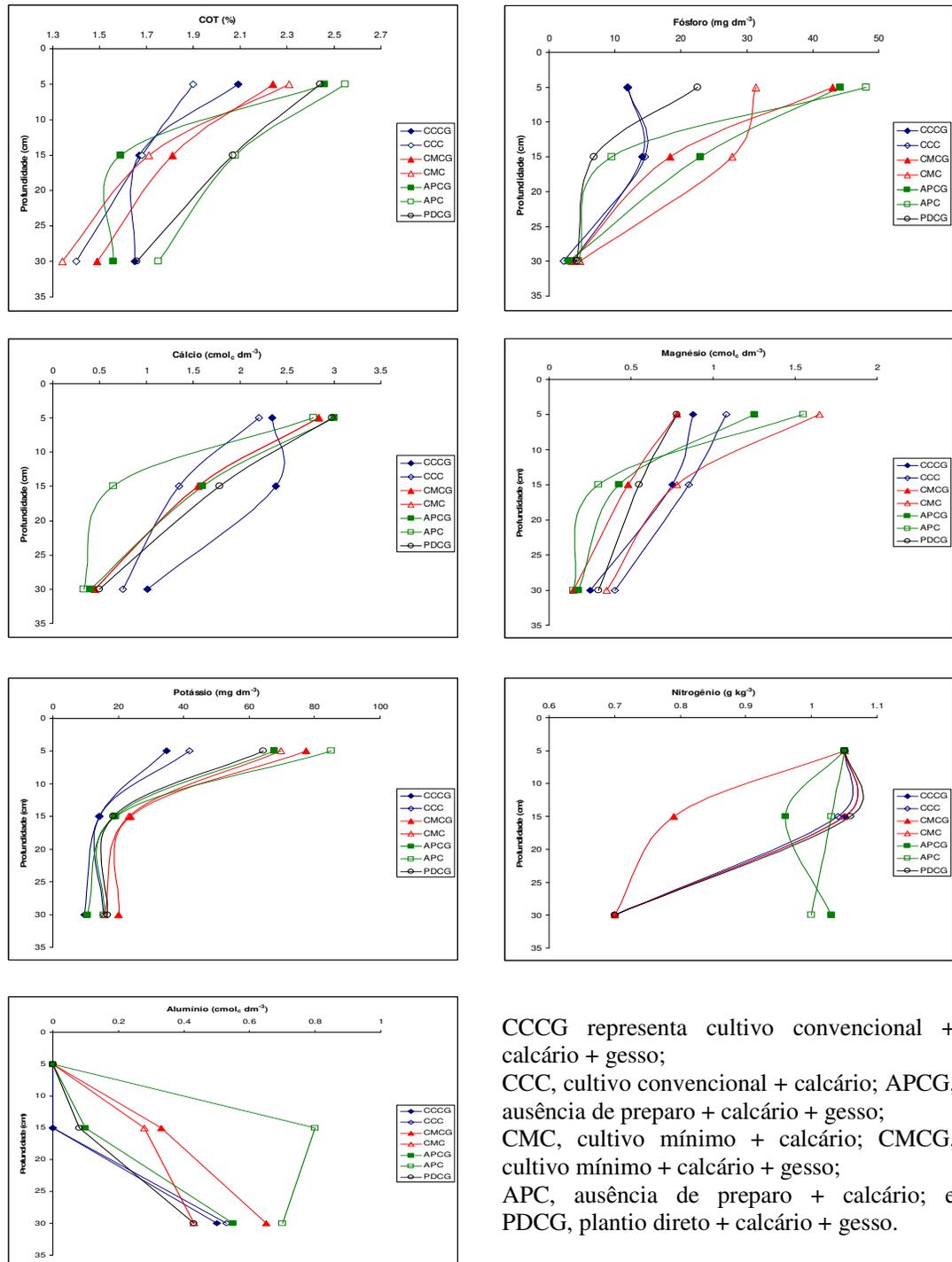
Quanto aos outros nutrientes (P, Ca, Mg e K), os teores decrescem substancialmente da primeira seção de amostragem (0-5 cm) para as outras profundidades (5-15 e 15-30 cm), exceto o Ca e o Mg nos tratamentos em que a aplicação de calcário e gesso foi incorporada (sistema de cultivo convencional). Nestes tratamentos (CCCG e CCC), a diferença tende a ocorrer na última camada (15-30 cm). A maior disponibilidade de P nos tratamentos sem revolvimento do solo (sistemas conservacionistas) deve-se ao seu acúmulo superficial por ser um elemento de baixa mobilidade. Assim, com o acúmulo, é de se esperar uma diminuição no processo de fixação. Estes resultados são corroborados por pesquisas realizadas por Siqueira Neto (2006), Wiethölter (2000), Caires et al. (1998) e por Souza et al. (2007).

Como todos os tratamentos receberam aplicação de calcário, os teores de Al foram anulados até 15 cm de profundidade, quando a calagem foi incorporada (cultivo convencional), independente da aplicação de gesso agrícola. Nos sistemas de manejo conservacionistas, o Al foi totalmente corrigido apenas na primeira camada (0-5 cm).

Quadro 3. Valores de carbono orgânico total, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio e alumínio, sob diferentes sistemas de cultivo do solo e em diferentes profundidades.

Carbono orgânico total (%)								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	2,09 BCa	1,90 Ca	2,24 ABCa	2,31 ABa	2,46 ABa	2,55 Aa	2,44 ABa	2,28
5-15 cm	1,67 ABb	1,68 ABab	1,81 ABb	1,71 ABb	1,59 Bb	2,08 Ab	2,07 Ab	1,80
15-30 cm	1,65 Ab	1,40 Ab	1,49 Ab	1,34 Ac	1,56 Ab	1,75 Ac	1,66 Ac	1,55
Média	1,80	1,66	1,85	1,79	1,87	2,12	2,06	
CV: 10,19%								
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5	11,98 Da	11,85 Da	43,05 Aa	31,38 Ba	44,13 Aa	48,10 Aa	22,53 Ca	30,43
5-15	14,08 CDa	14,58 CDa	18,33 BCb	27,8 Aa	22,93 ABb	9,48 Db	6,8 Db	16,28
15-30	3,65 Ab	2,20 Ab	3,43 Ac	4,68 Ab	2,98 Ac	4,45 Ab	4,25 Ab	3,66
Média	9,90	9,54	21,60	21,28	23,34	20,68	11,19	
CV: 22,64%								
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5	2,34 Ca	2,20 BCa	2,84 Aa	2,84 Aa	3,00Aa	2,78 ABa	2,98 Aa	2,71
5-15	2,38 Aa	1,35 Bb	1,55 Bb	1,55 Bb	1,60 Bb	0,65 Cb	1,78 Bb	1,55
15-30	1,01 Ab	0,75 ABc	0,45 Bc	0,45 Bc	0,40 Bc	0,33 Bb	0,50 Bc	0,55
Média	1,91	1,43	1,61	1,61	1,67	1,25	1,75	
CV: 13,22%								
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5	0,88 Da	1,08 CDa	0,78 Da	1,65 Aa	1,25 BCa	1,55 ABa	0,78 Da	1,14
5-15	0,75 ABa	0,85 Aa	0,48 BCb	0,78 ABb	0,43 Cb	0,30 Cb	0,55 ABCab	0,59
15-30	0,25 Ab	0,40 Ab	0,15 Ac	0,35 Ac	0,18 Ab	0,15 Ab	0,30 Ab	0,25
Média	0,63	0,76	0,47	0,94	0,62	0,67	0,54	
CV: 22,57%								
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5	34,75 Ca	41,75 BCa	77,5 Aa	69,75 Aa	67,75 Aa	85,0 Aa	64,25 ABa	62,96
5-15	14,25 Ab	14,25 Ab	23,75 Ab	23,25 Ab	19,0 Ab	19,25 Ab	18,5 Ab	18,89
15-30	9,75 Ab	15,5 Ab	20,0 Ab	15,75 Ab	10,5 Ab	15,5 Ab	16,75 Ab	14,82
Média	19,58	23,83	40,42	36,25	32,42	39,92	33,17	
CV: 35,64%								
Nitrogênio (g kg <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05 Aa	1,05
5-15	1,05 Aa	1,04 Aa	0,79 Bb	1,05 Aa	0,96 Aa	1,03 Aa	1,06 Aa	1,00
15-30	0,70 Bb	0,70 Bb	0,70 Bb	0,70 Bb	1,03 Aa	1,00 Aa	0,70 Bb	0,79
Média	0,93	0,93	0,85	0,93	1,01	1,03	0,94	
CV: 6,96%								
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Prof/Trat	CCCG	CCC	CMCG	CMC	APCG	APC	PDCG	Média
0-5 cm	0,00 Ab	0,00 Ab	0,03 Ac	0,00 Ac	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	0,004
5-15 cm	0,00 Cb	0,00 Cb	0,33 Bb	0,28 Bb	0,10 Cb	0,80 Aa	0,08 Cb	0,23
15-30 cm	0,50 BCa	0,53 BCa	0,65 ABa	0,43 Ca	0,55 ABCa	0,70 Aa	0,43 Ca	0,54
Média	0,17	0,18	0,33	0,23	0,22	0,50	0,17	
CV: 30,69%								

Letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. CCCG representa cultivo convencional + calcário + gesso; CCC, cultivo convencional + calcário; APCG, ausência de preparo + calcário + gesso; CMC, cultivo mínimo + calcário; CMCG, cultivo mínimo + calcário + gesso; APC, ausência de preparo + calcário; e PDCG, plantio direto + calcário + gesso.



CCGG representa cultivo convencional + calcário + gesso;  
 CCC, cultivo convencional + calcário; APCG, ausência de preparo + calcário + gesso;  
 CMC, cultivo mínimo + calcário; CMCG, cultivo mínimo + calcário + gesso;  
 APC, ausência de preparo + calcário; e PDCG, plantio direto + calcário + gesso.

Figura 3. Variações dos teores de carbono orgânico total, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio e alumínio, até 30 cm de profundidade, em um Latossolo sob diferentes sistemas de cultivo.

## 5. CONCLUSÕES

Os dados sobre atributos físicos mostram que em todos os tratamentos (sistemas de cultivo) ocorreu compactação subsuperficial, indicada pela redução da relação macro/microporos, acompanhada pelo aumento da densidade. Em consonância com a compactação, a estabilidade de agregados (diâmetro médio geométrico) diminuiu com a profundidade. Superficialmente, o DMG foi maior nos tratamentos conservacionistas, devido à ausência de revolvimento do solo.

Quanto aos atributos químicos, as diferenças estatísticas entre os tratamentos conservacionistas e convencionais ocorreram apenas nos primeiros 5 cm do solo e somente para os elementos P, Ca e K.

A correção do Al foi mais eficiente no sistema convencional, independente da aplicação de gesso agrícola, devido à incorporação deste corretivo ao solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de Culturas e Sistemas de Manejo do Solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 19, p. 115-119, 1995.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 717-723, 2001.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 923-934, 2005.

ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa Microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, MG, v.23, n.3, p.617-625, jul./set., 1999.

ALLINSON, F. E. **Soil organic matter and its role in crop production**. New York, Elsevier Scientific, 1973. 637p.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 241-248, 2002.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de invernos e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 857-865, 2000.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007, p. 873-928.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 18, p. 139-145, 1994.

ARAUJO, A. M.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 337-345, 2004.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 515-522, 2005.

BARRETO, H. J.; WESTERMAN, R. L. Soil urease activity in winter wheat residue management systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 53, p. 1455-1458, 1989.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de Cambissolo Humico afetadas por sistema de preparo, com ênfase a matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 21, p. 105-112, 1997.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M.; REIS, E. F.; DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.30, p. 91-95, 2000.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREA, G. F.; BORGES, E. V. S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em latossolo vermelho-escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 9, p. 1663-1667, set. 1999.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREA, G. F.; COSTA, L. M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 21, p. 125-130, 1997.

CABEZAS, W. A. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.34, p. 1005-1013, 2004.

CABEZAS, W. A. R. L.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NO<sub>3</sub> na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 21, p. 489-496, 1997.

CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v.24, p. 363-376, 2000.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, Viçosa, MG, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FELDHHAUS, I. C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Sci. Agric.**, 59:357-364, 2002.

CAIRES, E. F. e 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. 213-320, 2000.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FEDLHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema de plantio em resposta ao calcário e gesso na superfície. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 1029-1040, 2001.

CALEGARI, A.; HERNANI, L. C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D. V. S. Manejo do Material Orgânico. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 51-57. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

CAMPBELL, D. J. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. In: SOANE, B. D.; VAN OUWERKERK, C. (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 113-139.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J. ; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 19, p. 121-126, 1995.

CANTARELLA, H. Nitrogênio, p. 375-470. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007, 1017p.

CARPENEDO, V. **Compressibilidade de solos em sistemas de manejo**. 1994: 106f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de um latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, M. P.; SORATTO, R. P.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob preparo convencional em Selvíria, estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v.24, n.5, p. 1353-1361, 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v.22, n.3, p. 527-538, 1998.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; FILHO, P. S. V.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v.30, p. 137-147, 2006.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZZETTI, S. 1999. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes cultivos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 997-1003, 1999.

CENTURION, J. F.; DEMATTE, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 9, p. 267-270, 1985.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**, Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores. Viçosa, MG, 1999. 359p.

CORRÊA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG**. 1984: 87f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

CORRÊA, G. F. **Les microrelief “murundus” et leur environnement pédologique dans l’ouest du Minas Gerais, région du plateau central brésilien**. 1989: 144p. + annexes. Thèse (Doctorat en Pédologie)-Université de Nancy I, Vandoeuvre-les-Nancy, France, 1989.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. 1999. Efeito de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34. p. 289-298, 1999.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 527-535, 2003.

- CRUZ A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa, MG, v. 27, p. 1105-1112, 2003.
- DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 21, p. 241-247, 1997.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil Till. Res.**, v. 51, p. 71-79, 1999.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Biomassa microbiana: perspectivas para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS / UFV/ DPS, 1996. p. 551- 564.
- DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de Qualidade do Solo. p.17-28. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Embrapa Agrobiologia. Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 368p, 2005.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.8, n.2, p. 253-263, 1986.
- DISSMEYER, G. E.; FOSTER, G. R. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. **J. Soil Water Cons.**, v. 36, p. 235-240, 1981.
- ELTZ, F. L F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Alico. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual. Planaltina, 1978 – 1979**, 1980, 170p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio Janeiro: EMBRAPA/SNLCS/EPAMG/DRNR, 1982.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C.dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007, p. 551-594.
- FAHAD, A. A.; MILKE, L. N.; FLOWERDAY, A. D.; SWARTZENDRUBER, D. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 46, p. 377-381, 1982.

FERNANDES J. M.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.** Passo Fundo, RS: EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1, 1991. 69p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP: **Anais...** São Carlos: UFSCar, Jul. 2000. p. 255-258.

FUCKS, L. F.; REINERT, D. J.; CAMPOS, B. C.; BORGES, D. F.; SAPINI, C. Degradação da estabilidade estrutural pela aração e gradagem do solo sob plantio direto por quatro anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: SBCS, 1994. p. 196-197.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

HABTE, M. Impact of simulated erosive on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal endophytes in *Oxisol*. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.7, n.3, p.164-167, Mar. 1989.

HILLEL D. **Solo e Água, Fenômenos e Princípios Físicos.** Porto Alegre: UFRGS, 1970. 231 p.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; VAN OUWERKERT, C. (Ed.). **Soil compaction in crop production.** Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 45-69.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 11-18, 2001.

ISLAM, M. A.; HOSSAIN, M. Aggregation on East Bengal soils in relation to their chemical composition. **Soil Science**, Baltimore, v. 78, p. 429-34, 1954.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia.** São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um latossolo roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.32, n.6, 2002.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito do manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob Cerrado e nas características produtivas do milho, soja, arroz e feijão após oito anos de plantio direto.** 1998: 180f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-ESALQ/USP, Piracicaba, Piracicaba, 1998.

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 6, p. 1127-1132, 1980.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas.** São Paulo: ANDA. 1992. 52p. (Boletim Técnico 4).

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária.** 2ª edição, São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim técnico, 5).

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema Plantio Direto**: Bases para o Manejo da Fertilidade do Solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T. I.; LEITE, J. G. D. B. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 571-579, 2007.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: MINERAL nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego: **Academic**, 1995. p. 229-312.

MARTIN, J. P.; MARTIN, W. P.; PAGE, J. B.; RANEY, W. A.; DEMENT, J. D. Soil aggregation. **Advance in Agronomy**, New York, v. 7, p. 1-37, 1955.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: ACARPA, 1984. 68p.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, POTAFÓS, 2005. p.165-178.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, A. P.; INFORZATO, R. Efeito da cobertura e da incorporação ao solo imediatamente antes do plantio de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta, na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 24, n. 32, p. 349-69, 1996.

MIYASAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, p.411-416, 1993.

MOLOPE, M. B.; GRIEVE, I. C.; PAGE, E. R. Contributions by fungi and bacteria to aggregate stability of cultivated soils. **J. Soil Sci.**, v. 38, p. 71-77, 1987.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FACELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-160.

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

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of acidity in no-tillage system soybean production. **Soil Till. Res.**, v.38, p. 47-57, 1996.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 885-895, 2001.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, A. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Passo Fundo, 1995. **Resumos...** Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1995. p.127-130.

- REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris; Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto. **Plantio Direto**, v. 4, p. 25-44, 1997.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKY, J.; BORTULIZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 797-805, 2000.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas. Modelagem Matemática e Métodos Auxiliares**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304p.
- ROSOLEM, C. A.; FURLANI JÚNIOR, E.; BICUDO, S. J.; MOURA, E. G.; BULHÕES, L. A. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 16, p. 11-120, 1992.
- ROTH, C. H.; PAVAN, M. A. Effect of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. **Geoderma**, v. 48, p. 351-361, 1991.
- SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96p.
- SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J.G. (eds.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Soc. Bras. Ci. Solo, 1999. p. 267-319.
- SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JUNIOR, M. S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, 2000.
- SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Rev. Cient. UNICRUZ**, Cruz Alta, v.1, n.º. 1, jan-mar. 1999.
- SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998: 109f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- SALOMAN, N. Soil aggregation-organic matter relationships in redtop potato rotations. **Soil Science Society America Proceedings**, Madison, v. 26, p. 51-54, 1962.
- SANTOS, H. P.; REIS, E. M.; **Rotação de Culturas em Plantio Direto**. 2. ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2003. 212p.
- SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ci. Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 3, p. 477-486, maio-jun, 2003.
- SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. **Ci. Rural**, v. 29, p. 259-265, 1999.
- SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R. M. A.; MURAIISHI, C. T.; MALLER, A.; MATOS, F. A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v. 28, n. 3, p. 313-321, 2006.

- SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 917-926, 2000.
- SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediatos e residual de escarificadores em Latossolo-Vermelho-Escuro sob PD. **Engenharia Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 52-61, 1997.
- 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, p. 249-254, 1985.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 61, p. 877-883, 1997.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007, p.275-374.
- SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, 2000.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas em sistema de preparo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 387-394, 2001.
- SIQUEIRA NETO, M. **Estoque de carbono e nitrogênio no solo com diferentes usos no Cerrado em Rio Verde (GO)**. 2006: 162f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2006.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 147-168.
- SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N. & OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG. Soc. Bras. Ci. Solo, 2007, p. 205-274.
- SOUSA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. **Anais...** Brasília, EMBRAPA/DDT, 1986, p. 119-144.
- SOUZA, C. H. E.; EZEQUIEL JÚNIOR, S. M.; FIGUEIREDO, C. C.; COSER, T.; TORRES, A. L.; NETO I. P. Alterações de propriedades químicas de solo sob sistemas de manejo no cerrado. **XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**. 2007.
- SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, **CRC Press**, 2000, Section D. p. D48.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTAENLI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e sua produtividade. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 533-542, 2004.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**. New York, Wiley Interscience publication, 1982. 443p.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 395-401, 2001.

STRICKLING, E. The effect of soybean na volume weight and water stability of soil aggregates soil organic matter content, and crpo yield. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 50, p. 30-34, 1951.

SUMNER, M. E. Sodic soils: new perspectives. In: NAIDE, R.; SUMNER, M. E.; RENGASEMY, P., Ed. **Australian sodic soils: distribution, properties and management**. East Melbourne, CSIRO, p. 205-274, 1995.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEIIS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5).

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 20, p. 333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; PICCININ, J.L.; FARIAS, J. R. B.; GALERANI, P. R.; GAZZIERO, D. L. P. **Avaliação de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e semadura da soja**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 1998. (Série Documentos).

USDA. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington DC, US Government Printing Office, 1975. 754p. (Agri. Handbook n° 436).

VASQUEZ, E. V.; DE MARIA, I. C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. 2003, Ribeirão Preto, SP. **Resumos...** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CDROM

VERNETTI JÚNIOR, F. J.; GOMES, A. S. **Plantio direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 1999. 69p. (Documentos, 58).

VOMOCIL, J. A.; FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction of storage and movement of soil air and water. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 4, p. 242-6, 1961.

WIETHOLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS: **Resumos...** Santa Maria, RS: Centro de Ciências Rurais Departamento de Solos, UFSM, 2000. CD-ROM.

WUEST, S. B. Soil biopore estimation: effects of tillage, nitrogen, and photographic resolution. **Soil & Till. Res.**, v. 62. p. 111-116, 2001.

YAACOB, O.; BLAIR, G. J. Effect of legume cropping and organic matter accumulation an the infiltration rate and structural estability of a granite soil under simulated tropical environment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 60, p. 11-20, 1981.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion. **American Society of Agronomy Journal**, Madison, v. 28, p. 337-351, 1936.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

## ANEXOS

<b>ANEXO A: ANÁLISES FÍSICAS</b> .....	46
<b>Tabela 1A:</b> Valores de densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.....	46
<b>Tabela 2A:</b> Valores de densidade de partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	46
<b>Tabela 3A:</b> Valores de porosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.....	47
<b>Tabela 4A:</b> Valores de macroporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.....	47
<b>Tabela 5A:</b> Valores de microporosidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.....	48
<b>Tabela 6A:</b> Valores da relação macro/microporos do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.....	48
<b>Tabela 7A:</b> Valores médios do diâmetro médio geométrico (mm), para a interação de diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo.....	49
<b>ANEXO B: ANÁLISES QUÍMICAS</b> .....	50
<b>Tabela 1B:</b> Valores de carbono orgânico (%), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	50
<b>Tabela 2B:</b> Teores de fósforo no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), sob diferentes manejos do solo e em distintas profundidades.....	50
<b>Tabela 3B:</b> Valores de cálcio ( $\text{cmol dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	51
<b>Tabela 4B:</b> Valores de magnésio ( $\text{cmol dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	51
<b>Tabela 5B:</b> Valores de potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	52
<b>Tabela 6B:</b> Teores de nitrogênio ( $\text{g kg}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	52
<b>Tabela 7B:</b> Teores de alumínio ( $\text{cmol dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.....	53
<b>ANEXO C: CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL</b> .....	54

## ANEXO A: ANÁLISES FÍSICAS

**Tabela 1A:** Valores de densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	1.15	1.08	1.62	1.57
	5-15 cm	1.53	1.34	1.52	1.51
	15-30 cm	1.47	1.32	1.53	1.45
CCC	0-5 cm	1.09	1.28	1.22	1.39
	5-15 cm	1.50	1.42	1.32	1.36
	15-30 cm	1.38	1.26	1.46	1.44
APCG	0-5 cm	1.43	1.28	1.44	1.26
	5-15 cm	1.42	1.48	1.47	1.52
	15-30 cm	1.41	1.40	1.36	1.54
CMC	0-5 cm	1.25	1.33	1.40	1.20
	5-15 cm	1.32	1.48	1.44	1.33
	15-30 cm	1.38	1.39	1.23	1.17
CMCG	0-5 cm	1.26	1.12	1.32	1.53
	5-15 cm	1.47	1.19	1.60	1.50
	15-30 cm	1.42	1.31	1.47	1.42
APC	0-5 cm	1.43	1.37	1.33	1.29
	5-15 cm	1.50	1.32	1.37	1.33
	15-30 cm	1.42	1.36	1.58	1.42
PDCG	0-5 cm	1.27	1.36	1.61	1.37
	5-15 cm	1.36	1.48	1.47	1.44
	15-30 cm	1.35	1.50	1.33	1.47

**Tabela 2A:** Valores de densidade de partículas ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
CCC	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
APCG	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
CMC	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
CMCG	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
APC	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
PDCG	0-5 cm	2.58	2.58	2.58	2.58
	5-15 cm	2.57	2.57	2.57	2.57
	15-30 cm	2.57	2.57	2.57	2.57

**Tabela 3A:** Valores de porosidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	0.44	0.50	0.46	0.48
	5-15 cm	0.35	0.36	0.37	0.37
	15-30 cm	0.35	0.34	0.35	0.37
CCC	0-5 cm	0.50	0.48	0.49	0.46
	5-15 cm	0.39	0.41	0.42	0.38
	15-30 cm	0.41	0.44	0.38	0.39
APCG	0-5 cm	0.43	0.45	0.40	0.37
	5-15 cm	0.38	0.37	0.38	0.36
	15-30 cm	0.40	0.42	0.38	0.41
CMC	0-5 cm	0.45	0.43	0.41	0.42
	5-15 cm	0.42	0.38	0.40	0.44
	15-30 cm	0.42	0.40	0.43	0.44
CMCG	0-5 cm	0.38	0.42	0.40	0.40
	5-15 cm	0.39	0.38	0.36	0.37
	15-30 cm	0.38	0.40	0.40	0.38
APC	0-5 cm	0.40	0.41	0.40	0.41
	5-15 cm	0.37	0.40	0.38	0.39
	15-30 cm	0.37	0.39	0.40	0.40
PDCG	0-5 cm	0.42	0.38	0.40	0.39
	5-15 cm	0.38	0.36	0.37	0.39
	15-30 cm	0.41	0.39	0.42	0.40

**Tabela 4A:** Valores de macroporosidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	0.20	0.26	0.15	0.24
	5-15 cm	0.05	0.07	0.07	0.10
	15-30 cm	0.07	0.04	0.05	0.09
CCC	0-5 cm	0.24	0.18	0.19	0.16
	5-15 cm	0.05	0.10	0.12	0.10
	15-30 cm	0.08	0.16	0.06	0.10
APCG	0-5 cm	0.12	0.18	0.12	0.09
	5-15 cm	0.05	0.11	0.08	0.08
	15-30 cm	0.09	0.13	0.08	0.12
CMC	0-5 cm	0.14	0.11	0.08	0.12
	5-15 cm	0.10	0.08	0.09	0.13
	15-30 cm	0.08	0.10	0.10	0.11
CMCG	0-5 cm	0.05	0.08	0.08	0.14
	5-15 cm	0.08	0.07	0.08	0.06
	15-30 cm	0.10	0.16	0.13	0.15
APC	0-5 cm	0.06	0.09	0.08	0.14
	5-15 cm	0.05	0.11	0.08	0.10
	15-30 cm	0.08	0.10	0.06	0.09
PDCG	0-5 cm	0.11	0.07	0.08	0.10
	5-15 cm	0.08	0.06	0.08	0.09
	15-30 cm	0.11	0.07	0.14	0.13

**Tabela 5A:** Valores de microporosidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	0.24	0.24	0.31	0.24
	5-15 cm	0.29	0.29	0.30	0.28
	15-30 cm	0.28	0.30	0.30	0.28
CCC	0-5 cm	0.27	0.30	0.30	0.30
	5-15 cm	0.34	0.31	0.30	0.28
	15-30 cm	0.33	0.28	0.31	0.29
APCG	0-5 cm	0.31	0.27	0.28	0.28
	5-15 cm	0.33	0.26	0.30	0.28
	15-30 cm	0.31	0.29	0.30	0.29
CMC	0-5 cm	0.31	0.31	0.33	0.30
	5-15 cm	0.32	0.30	0.32	0.31
	15-30 cm	0.34	0.30	0.32	0.33
CMCG	0-5 cm	0.34	0.34	0.31	0.26
	5-15 cm	0.30	0.32	0.28	0.31
	15-30 cm	0.28	0.24	0.26	0.23
APC	0-5 cm	0.34	0.33	0.33	0.27
	5-15 cm	0.32	0.29	0.29	0.29
	15-30 cm	0.29	0.30	0.34	0.31
PDCG	0-5 cm	0.31	0.31	0.32	0.30
	5-15 cm	0.30	0.30	0.29	0.29
	15-30 cm	0.30	0.32	0.28	0.27

**Tabela 6A:** Valores da relação macro/microporos do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	0.83	1.07	0.49	1.00
	5-15 cm	0.17	0.23	0.23	0.35
	15-30 cm	0.26	0.14	0.16	0.34
CCC	0-5 cm	0.89	0.62	0.63	0.51
	5-15 cm	0.15	0.31	0.39	0.36
	15-30 cm	0.25	0.56	0.20	0.33
APCG	0-5 cm	0.40	0.70	0.44	0.33
	5-15 cm	0.14	0.42	0.27	0.30
	15-30 cm	0.28	0.44	0.27	0.42
CMC	0-5 cm	0.46	0.37	0.26	0.38
	5-15 cm	0.31	0.28	0.28	0.42
	15-30 cm	0.24	0.33	0.32	0.32
CMCG	0-5 cm	0.13	0.24	0.27	0.53
	5-15 cm	0.28	0.21	0.27	0.20
	15-30 cm	0.36	0.65	0.51	0.65
APC	0-5 cm	0.19	0.27	0.23	0.52
	5-15 cm	0.16	0.38	0.29	0.36
	15-30 cm	0.27	0.32	0.18	0.28
PDCG	0-5 cm	0.34	0.24	0.25	0.32
	5-15 cm	0.27	0.19	0.28	0.32
	15-30 cm	0.36	0.21	0.49	0.48

**Tabela 7A:** Valores médios do diâmetro médio geométrico (mm), para a interação de diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	1.22	1.19	1.25	1.3
	5-15 cm	1.1	1.14	1.15	1.2
	15-30 cm	1	1.1	1.19	1.19
CCC	0-5 cm	1.23	1.23	1.14	1.32
	5-15 cm	1.5	1.04	1.17	1.04
	15-30 cm	0.94	1.1	1.19	1.05
APCG	0-5 cm	1.42	1.47	1.5	1.4
	5-15 cm	1.17	1.14	1.01	1.07
	15-30 cm	1.1	1.15	1.07	0.99
CMC	0-5 cm	1.36	1.55	1.43	1.53
	5-15 cm	1.42	1.11	1.11	1.13
	15-30 cm	0.87	0.91	0.88	0.95
CMCG	0-5 cm	1.45	1.36	1.39	1.4
	5-15 cm	1.16	1.09	1	1.04
	15-30 cm	0.88	1.02	0.85	1
APC	0-5 cm	1.35	1.37	1.45	1.4
	5-15 cm	1.03	1.08	0.98	0.95
	15-30 cm	1.01	1	1.05	0.97
PDCG	0-5 cm	1.33	1.36	1.65	1.68
	5-15 cm	1.19	1.2	1.15	1.21
	15-30 cm	0.98	0.9	0.95	0.96

## ANEXO B: ANÁLISES QUÍMICAS

**Tabela 1B:** Valores de carbono orgânico total (COT) (%), sob diferentes sistemas de manejo do solo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	2.01	2.15	2.14	2.06
	5-15 cm	1.63	1.70	1.68	1.65
	15-30 cm	1.96	1.32	1.50	1.81
CCC	0-5 cm	1.80	1.91	2.00	1.87
	5-15 cm	1.75	1.75	1.70	1.50
	15-30 cm	1.34	1.52	1.29	1.45
APCG	0-5 cm	2.22	2.46	2.01	2.27
	5-15 cm	1.78	2.11	1.78	1.57
	15-30 cm	1.65	1.57	1.86	0.88
CMC	0-5 cm	2.28	2.33	2.27	2.37
	5-15 cm	1.65	1.55	1.88	1.75
	15-30 cm	1.40	1.37	1.30	1.29
CMCG	0-5 cm	2.25	2.55	2.36	2.27
	5-15 cm	1.57	1.54	1.60	1.63
	15-30 cm	1.55	1.42	1.65	1.60
APC	0-5 cm	2.54	2.57	2.53	2.55
	5-15 cm	1.93	2.25	2.22	1.91
	15-30 cm	1.63	2.29	1.75	1.32
PDCG	0-5 cm	3.00	2.24	2.29	2.24
	5-15 cm	2.22	2.19	1.99	1.88
	15-30 cm	1.63	1.60	1.67	1.75

**Tabela 2B:** Teores de fósforo no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), sob diferentes manejos e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	10.6	9.8	15.0	12.5
	5-15 cm	11.2	15.6	12.4	17.1
	15-30 cm	3.5	3.4	3.7	4.0
CCC	0-5 cm	12.0	10.2	13.7	11.5
	5-15 cm	17.6	10.8	12.5	17.4
	15-30 cm	2.8	3.0	1.5	1.5
APCG	0-5 cm	45.6	41.0	52.3	37.6
	5-15 cm	26.5	28.9	17.0	19.3
	15-30 cm	3.6	4.8	1.8	1.7
CMC	0-5 cm	30.0	29.4	36.8	29.3
	5-15 cm	26.8	25.5	37.7	21.2
	15-30 cm	3.1	3.1	5.5	7.0
CMCG	0-5 cm	42.7	52.5	30.8	46.2
	5-15 cm	18.3	18.2	18.2	18.6
	15-30 cm	3.3	3.9	3.4	3.1
APC	0-5 cm	46.2	48.9	49.8	47.5
	5-15 cm	8.2	9.8	10.9	9.0
	15-30 cm	4.5	4.2	4.0	5.1
PDCG	0-5 cm	18.8	28.3	22.4	20.6
	5-15 cm	3.7	7.6	3.3	12.6
	15-30 cm	2.4	5.6	3.8	5.2

**Tabela 3B:** Valores de cálcio no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	2.30	2.35	2.40	2.30
	5-15 cm	2.20	3.00	2.50	1.80
	15-30 cm	1.60	0.70	1.70	0.10
CCC	0-5 cm	2.20	2.15	2.20	2.25
	5-15 cm	1.40	1.30	1.40	1.30
	15-30 cm	1.60	0.80	0.40	0.20
APCG	0-5 cm	2.70	3.00	3.30	3.00
	5-15 cm	1.50	1.80	1.30	1.80
	15-30 cm	0.30	0.60	0.20	0.50
CMC	0-5 cm	2.70	2.70	2.60	2.20
	5-15 cm	1.35	1.30	1.40	1.35
	15-30 cm	0.70	0.90	0.80	0.90
CMCG	0-5 cm	2.90	2.83	2.80	2.82
	5-15 cm	1.60	1.50	1.57	1.52
	15-30 cm	0.30	0.50	0.60	0.40
APC	0-5 cm	2.70	2.60	3.00	2.80
	5-15 cm	0.50	0.60	0.70	0.80
	15-30 cm	0.20	0.50	0.20	0.40
PDCG	0-5 cm	3.10	3.00	2.90	2.90
	5-15 cm	1.80	1.80	1.74	1.77
	15-30 cm	0.60	0.50	0.50	0.40

**Tabela 4B:** Valores de magnésio no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	1.1	0.6	1.0	0.8
	5-15 cm	0.7	0.6	0.9	0.8
	15-30 cm	0.4	0.1	0.4	0.1
CCC	0-5 cm	1.2	0.8	1.1	1.2
	5-15 cm	0.7	0.9	0.8	1.0
	15-30 cm	0.7	0.3	0.2	0.2
APCG	0-5 cm	1.3	1.2	1.1	1.4
	5-15 cm	0.4	0.5	0.5	0.3
	15-30 cm	0.1	0.2	0.3	0.1
CMC	0-5 cm	1.9	1.4	1.8	1.5
	5-15 cm	0.9	0.9	0.7	0.6
	15-30 cm	0.4	0.4	0.1	0.7
CMCG	0-5 cm	0.9	0.9	0.9	0.7
	5-15 cm	0.4	0.4	0.6	0.5
	15-30 cm	0.1	0.1	0.2	0.1
APC	0-5 cm	1.6	1.6	1.7	1.4
	5-15 cm	0.3	0.3	0.3	0.3
	15-30 cm	0.1	0.1	0.1	0.2
PDCG	0-5 cm	0.8	0.8	0.7	0.8
	5-15 cm	0.5	0.5	0.4	0.6
	15-30 cm	0.2	0.2	0.2	0.4

**Tabela 5B:** Teores de potássio no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRA	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	30.0	34.0	30.0	33.0
	5-15 cm	16.0	12.0	14.0	15.0
	15-30 cm	9.0	7.0	9.0	11.0
CCC	0-5 cm	38.0	40.0	45.0	44.0
	5-15 cm	16.0	14.0	17.0	15.0
	15-30 cm	17.0	13.0	17.0	12.0
APCG	0-5 cm	71.0	73.0	77.0	75.0
	5-15 cm	28.0	24.0	23.0	27.0
	15-30 cm	21.0	20.0	22.0	22.0
CMC	0-5 cm	59.0	74.0	78.0	68.0
	5-15 cm	17.0	22.0	29.0	24.0
	15-30 cm	13.0	13.0	19.0	19.0
CMCG	0-5 cm	60.0	59.0	56.0	62.0
	5-15 cm	22.0	21.0	18.0	16.0
	15-30 cm	10.0	11.0	10.0	11.0
APC	0-5 cm	83.0	89.0	80.0	88.0
	5-15 cm	19.0	17.0	21.0	20.0
	15-30 cm	16.0	16.0	15.0	15.0
PDCG	0-5 cm	67.0	73.0	70.0	72.0
	5-15 cm	18.0	17.0	19.0	20.0
	15-30 cm	16.0	15.0	13.0	11.0

**Tabela 6B:** Teores de nitrogênio no solo ( $\text{g kg}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.05	1.10	1.00	1.05
	15-30 cm	0.70	0.65	0.75	0.70
CCC	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.05	1.05	1.00	1.05
	15-30 cm	0.70	0.70	0.70	0.70
APCG	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.05	0.70	1.05	1.05
	15-30 cm	0.95	1.05	1.05	1.05
CMC	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.10	1.00	1.05	1.05
	15-30 cm	0.70	0.65	0.75	0.70
CMCG	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	0.70	1.05	0.70	0.70
	15-30 cm	0.65	0.75	0.70	0.70
APC	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.05	1.05	0.95	1.05
	15-30 cm	0.85	1.05	1.05	1.05
PDCG	0-5 cm	1.05	1.05	1.05	1.05
	5-15 cm	1.10	1.05	1.05	1.05
	15-30 cm	0.65	0.70	0.75	0.70

**Tabela 7B:** Teores de alumínio no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), sob diferentes sistemas de manejo e em distintas profundidades.

TRAT	PROF	BLOCO			
		1	2	3	4
CCCG	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	15-30 cm	0.5	0.5	0.5	0.5
CCC	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	15-30 cm	0.4	0.4	0.5	0.8
APCG	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.3	0.0	0.0	0.1
	15-30 cm	0.5	0.5	0.6	0.6
CMC	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.2	0.3	0.3	0.3
	15-30 cm	0.5	0.2	0.6	0.4
CMCG	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.1
	5-15 cm	0.4	0.3	0.3	0.3
	15-30 cm	0.7	0.7	0.6	0.6
APC	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.9	0.8	0.8	0.7
	15-30 cm	0.7	0.7	0.7	0.6
PDCG	0-5 cm	0.0	0.0	0.0	0.0
	5-15 cm	0.0	0.0	0.3	0.0
	15-30 cm	0.4	0.4	0.5	0.4

**CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL**

