



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**ATRIBUTOS DE SOLO DO BIOMA CERRADO SOB DIFERENTES  
USOS E MANEJO**

**CARLOEME ALVES DE OLIVEIRA**

Orientador:

**Prof. Dr. Huberto José Kliemann**

Julho – 2009

**CARLOEME ALVES DE OLIVEIRA**

**ATRIBUTOS DE SOLO DO BIOMA CERRADO SOB DIFERENTES  
USOS E MANEJO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

**Prof. Dr. Huberto José Kliemann**

Co-Orientadora:

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Vladia Correchel**

Goiânia, GO – Brasil

2009

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(GPT/BC/UFG)**

**Oliveira, Carloeme Alves de.**

**O482a Atributos de solo do bioma cerrado sob diferentes usos e manejo [manuscrito] / Carloeme Alves de Oliveira. – 2009. 92 f., figs., tabs.**

**Orientador: Prof. Dr. Huberto José Kliemann; Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vladia Correchel.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2009.**

**Bibliografia: f. 64-76.  
Anexos.**

**1. Solos do Cerrado – Usos e Manejo 2. Sedimentos 3. Mata Ciliar 4. Transeção I. Kliemann, Huberto José. II. Correchel, Vladia. III. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos IV. Título.**

**CDU: 631.51(213.54)**

**CARLOEME ALVES DE OLIVEIRA**

**ATRIBUTOS DE SOLO DO BIOMA CERRADO SOB DIFERENTES  
USOS E MANEJO**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 27 de Julho de 2009, pela Banca  
Examinadora constituída pelos membros:

---

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

EA/UFG

---

Prof. Dr. Ivoney Gontigo

CEUNES/UFES

---

Prof. Dr. Huberto José Kliemann

EA/UFG

Goiânia, Goiás

Brasil

## **OFEREÇO**

### **A DEUS,**

À Estela Rodrigues da Costa Oliveira, esposa dedicada, amiga e companheira de sempre, pelo amor, compreensão e solidariedade, a minha filha Sofia que, mesmo antes de chegar ao mundo, já esta transformando a minha vida.

À minha mãe Dolores Alves da Paixão por todo amor e ensinamentos ao longo da vida, pois mesmo diante das inúmeras dificuldades, acreditou na educação como caminho para um futuro melhor.

Às minhas tias Odiva Silva Xavier e Iacira Cunha e Silva, e Tio Samuel pelos ensinamentos, apoio e incentivos.

A meu tio Inácio José Rabelo, meu pai Arnaldo José de Oliveira, meus irmãos Nadson, Vera Lucia, Verineide, Nadva, Nadvon, Arnaldson, Marinésio, Iaeno, Ronise, Lidiane, Cristiane, Letícia e minha madrastra Auxiliadora pelo carinho e incentivos.

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde e por guiar os meus passos;

À Universidade Federal de Goiás pela realização do curso;

Aos meus orientadores, professores Dr. Huberto José Kliemann e Dr<sup>a</sup>. Vládia Correchel, pela competência e determinação na orientação, ensinamentos e solidariedade, minha admiração, respeito, o meu muito obrigado;

Aos professores da Pós-graduação em Agronomia da UFG, que de várias formas enriqueceram o meu conhecimento e foram guias na condução deste trabalho;

À professora Cléia Reges (*in memoriam*), por ter sido a educadora que ficou guardada em minha memória como a primeira a despertar-me ao desafio e à busca incessante do saber.

Ao secretário da Pós Graduação Wellington pela atenção, companheirismo e presteza na realização da sua função.

A todos os meus colegas da Pós Graduação, em especial Roberta de Freitas, Pérola, Cícero, João Eudes, Janaina, Jane Loyze, Sidney Perreira e Felipe Correia pelo companheirismo;

Aos laboratoristas do laboratório de solos - LASF-EA-UFG: Carlinhos, Elenilson, Ionice e Luiz pela amizade e colaboração;

Aos estagiários do departamento de solos: Leonardo, Daniel, Diogo, Philipp, pelo apoio nas coletas de dados no campo e determinações no laboratório;

Aos membros da banca examinadora Dr. Huberto José Kliemann, Dr. Ivoney Gontijo e Dr. Wilson Mozena Leandro pelo tempo concedido, paciência e colaboração.

A meus colegas e amigos Sergio Batista, Juraildes, Klerisson, Luciano Anísio, e o meu primo Adão Rodrigues, pelo companheirismo e incentivo.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos!**

**“Não basta ensinar o homem uma especialidade, por que se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso crítico daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto” (ALBERT EINSTEIN).**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E IMPACTOS AO AMBIENTE.....	13
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E TAXAS DE EROÇÃO .....	16
2.3 EFICIÊNCIA DA MATA CILIAR NA RETENÇÃO DE SEDIMENTOS.....	18
<b>2.3.1 Função e eficiência das matas ciliares</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3.2 Legislação ambiental</b> .....	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS.....	22
<b>3.1.1 Área cultivada em sistema de preparo convencional</b> .....	<b>22</b>
3.1.1.1 Local.....	22
3.1.1.2 Histórico.....	23
3.1.1.3 Remanescente florestal .....	23
<b>3.1.2 Área cultivada em sistema de plantio direto</b> .....	<b>23</b>
3.1.2.1 Local.....	23
3.1.2.2 Histórico.....	24
3.1.2.3 Remanescente florestal .....	24
<b>3.1.3 Área ocupada com pastagem de braquiária</b> .....	<b>24</b>
3.1.3.1 Local.....	24
3.1.3.2 Histórico.....	25
3.1.3.3 Remanescente florestal .....	25
3.2 AMOSTRAGEM DO SOLO .....	26
<b>3.2.1 Área cultivada em sistema de preparo convencional</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2 Área cultivada em sistema de plantio direto</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.3 Área ocupada com pastagem</b> .....	<b>27</b>
3.2.3.1 Primeira transeção na área de pastagem .....	27
3.2.3.2 Segunda transeção na área de pastagem .....	28
3.3 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO .....	28
<b>3.3.1 Análises químicas do solo</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.2 Análises físicas do solo</b> .....	<b>29</b>

3.3.2.1	Análise granulométrica .....	29
<b>3.3.2.1.1</b>	<b>Textura com dispersão química.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2.1.2</b>	<b>Argila dispersa em água .....</b>	<b>29</b>
3.3.2.2	Grau de flocculação .....	30
3.3.2.3	Umidade gravimétrica e umidade volumétrica .....	30
3.3.2.4	Volume total de poros (VTP).....	30
3.3.2.5	Macroporosidade e microporosidade .....	30
3.3.2.6	Densidade do solo .....	31
3.3.2.7	Densidade de partículas .....	31
3.3.2.8	Estabilidade de agregados via úmida.....	31
3.3.2.9	Resistência à penetração mecânica .....	32
3.3.2.10	Condutividade hidráulica do solo saturado.....	32
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
4.1	TRANSEÇÃO EM SPC CULTIVADA COM ALGODÃO - PANAMÁ, GO..	34
<b>4.1.1</b>	<b>Atributos físicos do solo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Atributos químicos do solo .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos.....</b>	<b>42</b>
4.2	TRANSEÇÃO EM SPD CULTIVADA COM SOJA - GOIATUBA, GO .....	43
<b>4.2.1</b>	<b>Atributos físicos do solo .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Atributos químicos do solo .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos.....</b>	<b>50</b>
4.3	TRANSEÇÕES CULTIVADA COM PASTAGEM - JANDAIA, GO .....	50
<b>4.3.1</b>	<b>Primeira transeção na área cultivada com pastagem .....</b>	<b>50</b>
4.3.1.1	Atributos físicos do solo .....	50
4.3.1.2	Atributos químicos do solo .....	55
<b>4.3.2</b>	<b>Segunda transeção na área cultivada com pastagem.....</b>	<b>57</b>
4.3.2.1	Atributos físicos do solo .....	57
4.3.2.2	Atributos químicos do solo .....	62
<b>4.3.3</b>	<b>Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos.....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>78</b>

## RESUMO

OLIVEIRA, C. A. **Atributos de solo do bioma cerrado sob diferentes usos e manejo.** 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2009<sup>1</sup>.

Com objetivo avaliar os atributos físicos e químicos (textura, porosidade, densidade de partículas, densidade do solo, grau de flocculação, condutividade hidráulica, agregação do solo e resistência à penetração, pH, matéria orgânica, cálcio, magnésio, fósforo, potássio e saturação por bases) ao longo de transeções, em dois solos do cerrado. Adicionalmente, avaliou-se a eficiência dos remanescentes florestais na retenção de sedimentos oriundos da atividade agrícola. Os solos estudados foram: 1. Um local – Latossolo Vermelho Distrófico (Panamá, GO) cultivado em sistema de plantio convencional (SPC); 2 Dois locais – Cambissolos Háplicos Eutróficos (Goiatuba e Jandaia, GO), cultivados sob sistema de plantio direto (SPD) e pastagem de braquiária. À jusante de todas as áreas de cultivo existem matas ciliares. Fez-se a descrição morfológica dos perfis do solo e testes de resistência à penetrometria. A seguir, coletaram amostras deformadas e indeformadas de terra, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade para as análises físicas e químicas. Na comparação de médias usou-se o teste de Tukey a 5%. Os sistemas de manejo do solo provocaram alterações nos atributos físicos e químicos, comparados com a mata ciliar, destacando-se: a) menor resistência à penetração sob sistema plantio convencional (SPC) no Latossolo Vermelho distrófico e maior nos Cambissolos Háplicos eutróficos, tanto sob sistema de plantio direto (SPD) quanto na pastagem; b) diminuição na agregação dos solos sob SPC e SPD e aumento sob pastagem; c) diminuição nos teores de matéria orgânica e cálcio sob todos os sistemas de cultivo. Nas descrições dos perfis de solo na mata ciliar foi constatada a presença de uma camada de material não pedogenizado sobre o horizonte A, proveniente de sedimentos produzidos pela erosão das áreas à montante, de onde foram retirados os terraços. As matas ciliares, à jusante das áreas cultivadas sob SPD e pastagem, por causa da ação antrópica e da largura inadequada, não foram capazes de reter satisfatoriamente os sedimentos; no SPC, a largura é adequada, atendendo às exigências legais brasileiras.

*Palavras-chave:* transeção, sedimentos e mata ciliar.

---

<sup>1</sup>Orientador: Prof. Dr. Huberto José Kliemann. EA - UFG.  
Co-Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vladia Correchel. EA - UFG.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, C. A. **Attributes of biome savannah soil under different uses and management.** 2009. 92 f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009<sup>1</sup>.

This work aimed to assess physical and chemical attributes (texture, porosity, mean particle density, dry bulk density, flocculation degree, aggregation, hydraulic conductivity and penetration resistance, pH-CaCl<sub>2</sub>, calcium, magnesium, potassium, phosphorus and base saturation) along the transections of two cerrado (savannah) soils. Additionally, efficiency of the forestry remnants on the retention of sediments originated from agricultural activities was observed. The following soils were studied: 1. One site – Typic Haplustox – Latossolo Vermelho Distrófico (Panamá, Goiás, Brazil), cropped under conventional tillage system; 2. Two sites – Typic Haplustept – Cambissolo Háplico Eutrófico (Goiatuba and Jandaia, Goiás, Brazil), cropped under no-tillage system and *Brachiaria* pasture. Riparian forests at downstream of all cropped areas were found. Morphologic description of soil profiles and penetration resistance tests were performed. Deformed and undeformed soil samples at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm for chemical and physical analyses were collected. For comparison of means Tukey-test at 5% probability was used. Management systems caused the following changes on physical and chemical attributes in comparison to riparian forests: a) Lower penetration resistance under no-tillage system on the Typic Haplustox soil, and a higher one on the Typic Haplustept soils; b) decrease of soil aggregation both under conventional and no-tillage systems, and increase under pasture; c) decrease of soil organic matter and calcium under all cropping systems. Soil morphological descriptions on the riparian forests showed layers of non pedogeneticized materials over the A horizons, likely originated from the upstream areas, from where terraces have been withdrawn. Riparian forests downstream the cropped areas under no-tillage and pasture systems, due to the unsuitable width and anthropic actions, were not able to retain satisfactorily the ran off sediments; under conventional tillage, however, this width was considered to be suitable in conformity to Brazilian environmental laws.

*Key words:* transections, sediments, riparian forests.

---

<sup>1</sup> Adviser: Prof. Dr. Huberto José Kliemann. EA- UFG.  
Co-adviser: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vladia Correchel. EA-UFG.

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos fatores são responsáveis pelo aumento da produtividade agrícola, como o clima, o solo e as culturas. Novas estratégias foram desenvolvidas para o aumento da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, avaliadas pela qualidade física do solo, definida como a capacidade do solo em oferecer condições para maximizar a produtividade das culturas (Wu et al., 2003; Karlen et al., 2003).

Atualmente se buscam alternativas para viabilizar uma agricultura sustentável, aumentando a economicidade das culturas, preservando as propriedades dos solos, e assim, protegendo os recursos naturais e a qualidade de vida. Para tal, buscam-se sistemas de manejo que atendam às exigências do agronegócio e ao mesmo tempo respeitem as normas da legislação ambiental brasileira.

O plantio direto destaca-se como um sistema efetivo para o controle das perdas de solo e água sob as condições climáticas do Brasil. No entanto, alguns impedimentos podem interferir no potencial produtivo das áreas que o utilizam. A compactação do solo em superfície (ou subsuperfície), motivada pela ausência de revolvimento e a frequência de tráfego (em especial, de colhedoras carregadas), constituem uns dos principais problemas.

Com o aumento do tempo de uso do SPD os atributos físicos dos solos vão sendo modificados, necessitando-se de pesquisas de duração mais longa para estudar os fenômenos ligados à estrutura do solo. Alguns efeitos já são relatados na literatura, tais como: densidade do solo que mostra tendência de aumento nos primeiros anos de cultivo e, com o passar dos anos, apresenta uma tendência de diminuição, com resultante aumento da porosidade total do solo e do tamanho de agregados (Da Ros et al., 1997). Entretanto, muitas dúvidas sobre o sistema persistem sendo necessárias informações adicionais sobre outros atributos físicos.

A utilização intensiva de equipamentos agrícolas em todas as operações agrícolas (desde preparo, semeadura, tratos culturais até colheita) está aumentando a compactação do solo. A principal razão desse fenômeno é a repetição dessas operações realizadas ao longo dos anos (Oliveira, 2002). Vários autores sugerem que a compactação de solo seja acompanhada da avaliação da resistência do solo à penetração mecânica ou do

comportamento compressivo do solo (Corsini, 1993; Dias Júnior, 1994).

As novas técnicas utilizadas estão aumentando a produção de pastagens por meio da adubação, da adoção de diferentes sistemas de pastejo e do controle da irrigação (Chanasyk & Naeth, 1995). Em contraposição, um efeito colateral da obtenção de altas produtividades é a compactação do solo (Stone et al., 2002), em especial, quando são ignoradas as limitações da aptidão agrícola do solo e sua relação com a pressão de pastejo. Na literatura há indicações de que os animais podem exercer pressões no solo da ordem de 350 kPa a 400 kPa (Betteridge et al., 1999). Nie et al. (2001) indicam que a pressão exercida pelos animais em movimento pode ser o dobro da exercida quando eles estão parados.

Considerada como uma das práticas vegetativas de mitigação da degradação dos recursos hídricos, a manutenção das zonas ripárias é recomendada ou exigida por lei em diversos países. No caso específico do Brasil, o Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/1965) estabelece faixas de vegetação que devem ser protegidas ao redor dos corpos d'água e nascente, a propósito de preservação permanente (APP) constituindo as áreas de matas ciliares. A definição das larguras dessas faixas foi estabelecida com pouco suporte científico, sem considerar as características específicas da microbacia, como a fisionomia da vegetação, o estado de degradação da área, o papel do corredor ecológico, o tipo do solo, a declividade e o comprimento da vertente (Felippe, 2006).

Estudos sobre a retenção de sedimentos em zonas ripárias, em paisagens predominantemente agrícolas, são de extrema importância, principalmente na investigação da efetividade das larguras das faixas ciliares na proteção dos recursos hídricos (Sparovek et al., 2002; Correchel, 2003; Santos, 2007), gerando subsídios para o estabelecimento de larguras ótimas de matas ciliares no exercício do papel filtro na retenção de nutrientes e sedimentos gerados nas áreas agrícolas.

O ecossistema cerrado possui solos com características físicas e topografia favoráveis à agricultura mecanizada, embora quimicamente pobre. No entanto, a correção e o manejo racional dos solos aumentarão a sua capacidade de uso de forma sustentável.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos ao longo de transeções em solos do bioma cerrado, submetidos a diferentes sistemas de uso e preparo, como plantio direto, plantio convencional, pastagem e áreas de matas ciliares à jusante dessas áreas. Avaliou-se, adicionalmente, a eficiência do remanescente florestal em reter os sedimentos oriundos da atividade agrícola em cada local estudado.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E IMPACTOS AO AMBIENTE**

A implantação de novas tecnologias tem contribuído para o Brasil aumentar a produção agrícola por meio do melhor aproveitamento das áreas cultivadas, viabilizando a utilização dos solos da região dos cerrados. A escolha desses solos deve-se à sua situação geográfica privilegiada, em relação aos grandes centros consumidores e, ou, exportações, além da existência de um grande estoque tecnológico nas áreas de fertilidade do solo e nutrição de plantas que permite tornar estes solos produtivos (Macedo, 1996).

Os cerrados ocupam uma área de aproximadamente 220 milhões de hectares (IBGE, 1992), ocupando cerca 24% do território brasileiro, com a maior parte localizada na região Centro-Oeste. O relevo pouco acidentado possibilita o uso intensivo de mecanização e o emprego de tecnologias apropriadas a essas condições (Alcântara & Ferreira, 2000). A existência de duas estações bem definidas e a incidência de veranicos na estação chuvosa, associada à baixa fertilidade natural desses solos, são os principais gargalos para o aproveitamento agrícola intensivo da região.

A obtenção de elevadas produtividades agrícolas na região do Bioma cerrado é promissora ao longo do tempo, porém dependente de formas viáveis de produção com o menor impacto possível sobre os recursos naturais, finitos e lentamente renováveis.

Na região dos cerrados o manejo dos solos tem-se caracterizado pelo preparo e revolvimento excessivo do solo. O preparo compreende um conjunto de técnicas que, quando usadas racionalmente, viabilizam altas produtividades agropecuárias a baixos custos; caso contrário resulta na degradação física, química e biológica do solo e na diminuição paulatina da produtividade agropecuária. Por essa razão, o aumento de áreas agrícolas degradadas está forçando mudanças de conceitos relacionados ao uso da terra, baseados em uma visão holística dos processos de exploração agropecuária, em que os recursos naturais – solo, água e biodiversidade – são explorados de forma mais sustentável.

Atualmente buscam-se opções capazes de viabilizar a exploração agropecuária sustentável, preservando as propriedades dos solos, reduzindo os custos de cultivo, elevando a produtividade, protegendo os recursos naturais e garantindo boa qualidade de

vida e viabilidade econômica das áreas produtivas. A adoção de sistemas de manejo do solo de utilização recente – sistema de plantio direto e integração lavoura pecuária – surgem como alternativas aos sistemas convencionais de preparo do solo, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas intensivos. A introdução do SPD na região dos cerrados provavelmente ocorreu no final da década de 70 e início da década de 80, através da migração de produtores que adotaram tal tecnologia na região sul do país (Embrapa, 1978).

Oliveira (2002), estudando um Latossolo Vermelho argiloso típico de Planaltina - DF, em parcelas experimentais, mantidas durante vinte anos manejadas com arado de discos em sistema de preparo convencional (SPC) e sistema de plantio direto (SPD), observou redução da macroporosidade na profundidade de 0 cm a 5 cm, e maior disponibilidade de água no SPD, quando comparado ao SPC com arado de discos. Por outro lado, na profundidade de 20 cm a 30 cm o SPC reduziu a macroporosidade, sem ganhos expressivos na disponibilidade de água para as plantas. Essas alterações, que prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, indicam que o solo está degradado. A definição da degradação do solo está associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, na medida em que as características determinantes da qualidade de um solo são alteradas negativamente, estabelece-se um processo de degradação (Alves, 2001).

Segundo Carpenedo & Mielniczuk (1990), o SPD propicia maior estabilidade de agregados em relação ao SPC, no qual se faz aração e gradagem seguidas de gradagem de nivelamento por ocasião do plantio. Porém, a massa do solo nesses dois sistemas de manejo apresentou-se compactada e com predomínio de microporos, quando comparado com solos sob pastagem, campo e mato nativo, que se mostraram mais porosos e com predomínio de macroporos (Beare et al., 1994; Stone & Silveira, 2001). Campos et al. (1995), em trabalho semelhante, concluíram que o SPD propicia agregados com diâmetro médio cerca de duas vezes maior que no SPC com aração e gradagem. Essa diferença foi associada ao maior teor de carbono orgânico e maior atividade microbiana no sistema de plantio direto.

O SPD na agricultura mecanizada é definido como um sistema no qual a semente é depositada diretamente no solo não revolvido, em que os resíduos da cultura anterior permanecem na superfície e as plantas invasoras são controladas por herbicidas. Distinguem-se dois termos: plantio direto no mato e plantio direto na palha. O primeiro

consiste num plantio direto sem um planejamento para obter uma cobertura uniforme, utilizando-se como palhada os restos culturais da cultura principal e as ervas daninhas. O plantio direto na palha envolve um planejamento de rotação de culturas para propiciar uma palhada uniforme (Correia & Cruz, 1987).

No sistema de plantio direto, a ausência, ou o revolvimento mínimo do solo favorece a manutenção de teores de água mais elevados em virtude da manutenção de resíduos naturais. O tráfego sistemático de máquinas promove a compactação excessiva na superfície do solo (Tormena & Roloff, 1999), principalmente em solos com elevados teores de argila.

Na literatura há diversos relatos dos níveis de compactação do solo cultivado no SPD; entretanto, persistem dúvidas sobre os limites críticos de compactação e outros atributos físico-mecânicos do solo relacionadas ao desenvolvimento das culturas. Nas áreas de cerrado, o problema pode ser mais proeminente por causa da mais rápida decomposição da matéria orgânica.

No Brasil, são poucas as investigações (Castro Neto, 2001; Miranda, 2001) que tem mostrado efeito do tráfego contínuo e inadequado de máquinas e, ou, de implementos sobre os atributos físico-mecânicos dos solos agrícolas. O preparo periódico do solo, chamado de SPC (aração + gradagens leves), caracteriza-se pelo excessivo número de operações, com sérias conseqüências para o solo, tanto pela compactação de camadas subsuperficiais (Vieira & Muzilli, 1984), quanto pela erosão (Silva et al., 2000a) em terrenos com declividade acentuada. As conseqüências mais visíveis são as erosões do solo e o assoreamento de cursos de água, lagoas e represas.

O preparo excessivo do solo com grades pesadas perturba a camada arável, em geral de 0 cm a 15 cm, resulta na desagregação do solo, na redução da taxa de infiltração de água e na formação de camadas compactadas, aumentando a erosão laminar e criando condições adversas para a penetração e o desenvolvimento do sistema radicular (Muzilli, 1983). No SPC, muitos agricultores efetuam o preparo primário do solo com uma gradagem imediatamente após a colheita para incorporar os restos culturais e manter a área com baixa infestação de plantas invasoras. Assim, o solo permanece sem cobertura e, na maioria das vezes, fica completamente exposto, sem vegetação, durante o período da entressafra, favorecendo a ocorrência da erosão e acelerando o processo de degradação (Carpenedo & Mielniczuk, 1990).

Em regiões tropicais, ocorrem chuvas fortes e concentradas em um período do

ano, condições favoráveis para a ocorrência da erosão, pois o impacto das gotas da chuva no solo descoberto resulta em encrostamento ou selamento da superfície do solo (Valentin & Bresson, 1992; Silva et al., 1997; Brandão et al., 2007). A fina crosta que se forma diminui a infiltração de água no solo. Assim, a água da chuva se acumula e forma a enxurrada, que transporta sedimentos, sementes e nutrientes para rios e lagos.

No Brasil as pastagens ocupam 180 milhões de hectares, cerca de 20% do território brasileiro (Zimmer et al., 2002). Recentemente, surgiu uma alternativa eficiente, porém mais complexa, de manter a produtividade agrícola e ainda promover a recuperação e renovação de pastagens, que é a integração entre lavoura e pecuária (ILP). Nesta alternativa, a introdução da lavoura não é eventual, mas parte constante de um sistema misto de produção de grãos e produção animais, que interagem e se completam biológica e economicamente. O sistema permite o uso racional de insumos, máquinas e mão-de-obra na propriedade agrícola, ao mesmo tempo em que diversifica a produção e o fluxo de caixa dos produtores (Macedo, 2001). Entretanto, Imhoff et al. (2000) alertam que em sistemas de produção que envolve pecuária, a degradação física do solo dá-se pela compactação causada pelo pisoteio dos animais, podendo comprometer a sustentabilidade do sistema.

As decisões de manejo de animais e pastagens resultam em modificações dos atributos físicos do solo no médio e longo prazo. A pressão exercida pelo pisoteio animal altera a densidade e a porosidade do solo, especialmente nos primeiros 5 cm de profundidade (Bertol et al., 2000; Marchal et al., 2007; Figueiredo et al., 2009). Ocorrem modificações na resistência dos agregados e na taxa de infiltração de água no solo (Bertol et al., 1998), que podem prejudicar desenvolvimento do sistema radicular das pastagens.

Melo & Silva (1995), comparando solos sob cerrado a áreas de pastoreio, observaram que o sistema de manejo adotado na pastagem promoveu alterações nos atributos físicos e no conteúdo de matéria orgânica. A compactação provocada pelo pastejo dos restolhos e a redução da matéria orgânica influenciaram negativamente os atributos do solo, aumentando a densidade, diminuindo o tamanho dos agregados estáveis em água e a macroporosidade do solo.

## 2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E TAXAS DE EROSÃO

Os sistemas de manejos têm grande influência nas propriedades físicas do solo (Figueiredo et al., 2009) e estão relacionados à compactação e, conseqüentemente, à erosão do solo. O SPD é uma técnica eficiente no controle da erosão, quando comparado com o

SPC (Seganfredo et al., 1997; Bertol et al., 1997), porém estudos indicam uma maior compactação no SPD (Hakansson & Medvedev, 1995; Klein & Boller, 1995), provocada pelo efeito cumulativo do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas.

A adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, com redução da mobilização e manutenção parcial ou total da cobertura, evoluiu significativamente em termos de área cultivada no Brasil, substituindo o cultivo convencional e monocultor de grãos e gado. Esses sistemas conservacionistas de manejo são tidos como alternativas para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola (Silva et al., 2000b).

Dentre os sistemas de cultivo conservacionistas, o SPD ganha destaque e consiste na semeadura direta, sem revolvimento do solo, sem perturbar a estrutura física e a atividade biológica do solo. A palhada, proveniente dos restos culturais das colheitas anteriores, forma uma camada na superfície, reduzindo substancialmente a erosão pela redução das operações de preparo e cultivo do solo.

No SPD, como não há revolvimento, o tráfego de máquinas e o pisoteio de animais formam uma camada adensada na superfície em função das pressões exercidas sobre o solo. Há aumento de densidade e microporosidade, diminuição da porosidade total e macroporosidade nas camadas superficiais, em comparação com sistemas não conservacionistas (Stone & Silveira, 2001), sendo mais pronunciadas e freqüentes em solos de textura argilosa. Com o passar dos anos a densidade do solo pode vir a diminuir, devido, em parte, ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, favorecendo a melhoria da estrutura do solo. A maior densidade inicial do solo é considerada uma consequência natural do SPD (Reinert, 1990; Silva & Mielniczuk, 1997).

No SPC muitos agricultores efetuam o preparo primário do solo com uma gradagem imediatamente após a colheita para incorporar os restos culturais e manter a área com baixa infestação de plantas invasoras. Assim, o solo permanece sem cobertura e, na maioria das vezes, fica completamente exposto, sem vegetação, durante o período da entressafra, favorecendo a ocorrência da erosão e acelerando o processo de degradação (Carpenedo & Mielniczuk, 1990).

O preparo excessivo do solo com grades pesadas altera significativamente a camada arável, de 0 cm a 15 cm. Isso para a desagregação do solo, redução da taxa de infiltração de água e a formação de camadas compactadas. Esses fatores resultam em um aumento da erosão laminar, criando condições adversas para a penetração e o desenvolvimento radicular (Muzilli, 1983).

Outro sistema de produção conservacionista é o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), associado ao SPD. A ILP diversifica as atividades na propriedade rural, aumenta a produtividade, preserva o meio ambiente e estende a renda do produtor (Salton et al., 2001). Verificam-se melhorias na qualidade do solo, no rendimento das culturas, no desempenho animal e na eficiência de utilização dos recursos naturais. A ILP integra as duas atividades, busca a maximização do uso do solo, diversifica e verticaliza a produção, minimizando custos e agregando valores aos produtos pelo aproveitamento dos recursos, com benefícios mútuos para as duas atividades (Broch et al., 1997, Marchal et al., 2007).

Até o momento diversos trabalhos mostram que os diferentes sistemas de produção, incluindo o plantio direto, resultam em perdas de sedimentos por erosão hídrica que são transportados para as partes mais baixas do relevo, resultando no assoreamento de mananciais, sumidouro de nascentes e, dependendo do sistema de uso e manejo das culturas, na contaminação das águas por defensivos ou excesso de fertilizantes.

## 2.3 EFICIÊNCIA DA MATA CILIAR NA RETENÇÃO DE SEDIMENTOS

### 2.3.1 Função e eficiência das matas ciliares

As matas ciliares, também conhecidas como matas ripárias ou de galeria, consistem de vegetações que ocupam as margens de cursos d'água. Na literatura nacional, outros nomes são atribuídos às matas ciliares, sendo diferenciadas das florestas de galeria, por essas atingirem extensão maior, podendo se estender por todo o fundo do vale, ocorrendo exclusivamente na presença de curso d'água em região onde a vegetação não forma floresta contínua. São denominadas de mata de fecho, florestas de condensação, mata aluvial ou floresta paludosa ou de várzea, veredas no agreste nordestino e Brasil Central, se composta por mata de buritis, floresta beira-rio, ribeirinha ou ripária (Mantovani, 1989).

A vegetação no entorno dos cursos d'água, reservatórios, alagadiços e nascentes, possui características resultantes da interação das condições ambientais ribeirinhas, que refletem as características pedológicas, climáticas e hidrológicas, atuando como elementos definidores das condições ecológicas locais (Rodrigues, 2000). Essas condições, juntamente com os elementos bióticos, constituem os ecossistemas ripários, sendo muito frágeis por estarem situadas entre dois ecossistemas distintos, o terrestre e o aquático, mas influenciados por ambos. Eles têm a função de regular as transferências de energia e nutrientes de um ecossistema para o outro (Paula Lima, 1998; Cavalcanti &

Lockaby, 2006). Com a função de atuar como filtros de sedimentos, nutrientes e poluentes advindos de áreas agrícolas (Sparovek et al., 2002; Cavalcanti & Lockaby, 2006; Santos, 2007), as matas ciliares atenuam a velocidade do escoamento superficial, por meio de barramentos proporcionados pela vegetação e estratificação dos depósitos orgânicos da superfície do solo (Correll, 1997).

Com a expansão da agricultura, houve rápidas e profundas alterações no uso e na cobertura da terra (Douglas, 1990). Com essa expansão as matas ciliares sofreram e vem sofrendo grandes interferências, pois, muitas vezes as vegetações adjacentes aos rios são suprimidas, dando lugar a áreas degradadas sem nenhum uso agrícola; em outros casos as áreas inundáveis são transformadas em campos agrícolas drenados (Baudry, 1997). No entanto, mesmo quando faixas de vegetação são mantidas ao longo dos corpos d'água, as matas ribeirinhas são bastante prejudicadas pela atividade agrícola e pecuária. Nesse sentido, cresce a preocupação com a sustentabilidade destes ambientes, na tentativa de mensurar a capacidade de essas faixas de vegetação reter sedimentos, sem que suas outras funções sejam afetadas (Cavalcanti & Lockaby, 2006).

São cada vez mais freqüentes estudos sobre a ocorrência de nutrientes e, ou, poluentes ligados aos sedimentos gerados em áreas agrícolas, nos rios, distribuídos na superfície do solo ou retidos nas áreas de mata ciliar (Molisan et al., 1999; Tao & Tang., 2004; Santos, 2007), sendo que cada processo é dependente das variáveis locais. Isso torna sem validade as extrapolações dos dados obtidos para outras áreas, sendo, portanto, necessários estudos locais para cada caso específico.

### **2.3.2 Legislação ambiental**

A Constituição Federal brasileira determina, no Artigo 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A primeira legislação protegendo as formações ciliares foi homologada em 1965, mas a inadequação e incoerência das políticas públicas brasileiras, associadas ao descaso do poder público para as questões ambientais, com a quase inexistência de fiscalização, têm resultado na eliminação e conseqüente fragmentação dessas florestas ciliares ao longo do tempo. Esse processo tem comprometido sua principal característica de eficiência detentora da biodiversidade (Silva Júnior et al., 1998).

A mata ciliar é protegida pela Lei Federal 4.771 de 15 de setembro de 1965, complementada pela lei nº 7.803/1989 e alterado pela medida provisória nº 2.166-67/2001, ou seja, o Código Florestal. Segundo esta lei, as áreas de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, no topo de morros, em faixa nunca inferior a cem metros em projeções horizontais. As definições quanto às larguras mínimas dessas áreas são bastante questionadas, porém, a última definição foi definida pela Lei nº 7803/89.

A definição das larguras dessas faixas foi estabelecida com pouco suporte científico e sem levar em consideração características específicas da microbacia, como fisionomia da vegetação, estado de degradação da área, o papel do corredor ecológico, o tipo do solo, a declividade e o comprimento da vertente (Felippe, 2006; Curcio, 2006). Já a Resolução nº 303 de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente (APPs).

A partir de 1990, aumentaram as iniciativas de restauração de áreas degradadas, principalmente em áreas ciliares. Este aumento deve-se basicamente a dois fatores: conscientização da sociedade e exigências legais (Rodrigues & Leitão Filho, 2000).

Duas leis determinaram grandes mudanças nesse processo. O Código Florestal – Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, estabeleceu a zona ciliar como uma área de preservação permanente, ou seja, uma reserva ecológica que não pode sofrer qualquer alteração, devendo permanecer sua vegetação (floresta e outros tipos de vegetação) na condição original. Em 1991, a Lei de Política Agrícola – Lei nº 8171 de 17 de janeiro de 1991 determinou a recuperação gradual de Áreas de Preservação Permanente estabelecendo um período de trinta anos para a recuperação da vegetação nas áreas onde esta foi eliminada.

A partir disso, proliferou-se um grande número de iniciativas que visam a recuperação e proteção das matas ciliares. Estas iniciativas se dão tanto no nível governamental como na sociedade civil. Podem-se destacar as iniciativas de organizações não governamentais ambientalistas, associações de reposição florestal, consórcios de bacias, programas estaduais e nacionais (programas de microbacia, programas de

desenvolvimento florestal), empresas privadas (companhias hidrelétricas, empresas florestais), produtores rurais, governos municipais, estaduais e federal.

Dentro destas iniciativas criou-se a ISO-14000, que é um selo de abrangência mundial, que exige adequação dos produtos e bens produzidos à forma ecologicamente correta de se produzir, objetivando conter o desmatamento. A adequação a normas como a ISO-14000 certamente transformará em regras a implantação de sistemas de gestão e auditorias ambientais em empresas, o que propiciará, de forma decisiva, uma reformulação nos processos de uso de matéria prima e nas formas de produção, onde se incluem, sobretudo, a conservação dos recursos naturais e a recuperação de áreas degradadas (Rodrigues & Leitão Filho, 2000).

Apesar de protegidas por lei federal, as matas ciliares encontram-se devastadas no Brasil, principalmente devido ao processo de urbanização desordenada e práticas agrícolas intensivas (Martins, 2001). Isso traz danos não só ambientais e ecológicos, mas também econômicos para o país, pois os recursos hídricos, além do abastecimento de água, são utilizados na geração de energia elétrica (Salvador, 1986).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS**

Neste estudo foram selecionadas áreas de produção agrícola com histórico conhecido em um raio de 400 km de Goiânia - GO, identificando-se áreas representativas de pastagens e lavouras cultivadas em SPD e SPC, com o auxílio de fotos, imagens aéreas, ferramentas de sensoriamento remoto e visitas ao local.

Em geral, a vegetação nativa apresenta fisionomia de savana arborizada sob o domínio do bioma Cerrado, porém apresenta grandes extensões de terra utilizadas para uso agropecuário. Observa-se a ocorrência de áreas remanescentes de mata nativa às margens dos rios, ribeirões, nas encostas e nas veredas, próximo às áreas de estudo.

O clima nas áreas de estudo é classificado como do tipo Aw (Classificação de Köppen) caracterizado como tropical úmido, com duas estações bem definidas, úmida no verão e seca no inverno, as chuvas se concentram nos meses de dezembro a março, com precipitação média anual entre 1200 mm a 1800 mm, as temperaturas variam entre 18°C a 30°C (ACEG, 2002).

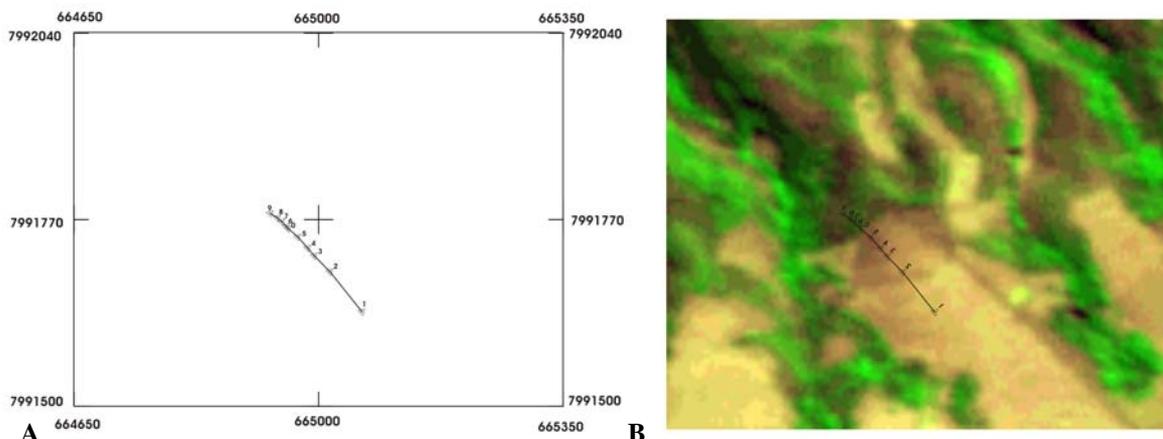
Em cada transeção analisada, havia uma área de cultivo (algodão, soja e pastagem) e à jusante dessas áreas encontrava-se uma mata ciliar. Buscou-se observar diferenças nessas áreas ao longo da transeção e a eficiência das matas na retenção de sedimentos, já que as áreas sob sistema de plantio direto e plantio convencional foram retiradas todas as curvas de nível, no início do experimento, e na área sob pastagem não havia curvas de nível.

##### **3.1.1 Área cultivada em sistema de preparo convencional**

###### **3.1.1.1 Local**

Esta área localiza-se na microbacia hidrográfica do Córrego Lajedo, Panamá – Goiás (latitude -18°09'22"S, longitude - 49°26'24"WGr e altitude 598,78 m) (Figura 1). O local de amostragem encontra-se parcialmente ocupado pelo cultivo de algodão, em um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado em SPC. Foi traçada uma transeção partindo da

área agrícola, com comprimento de 204 m e declividade média de 8%, passando por uma faixa de mata ciliar remanescente com comprimento médio de 44 m e 7% de declividade, às margens do Córrego Lajedo.



**Figura 1.** A - Representação da transeção com suas respectivas coordenadas; B - Imagem aérea da área de plantio convencional em Panamá – GO.

### 3.1.1.2 Histórico

A ocupação do solo ocorreu na década de 1940, quando a cobertura original de Cerrado foi substituída pelo cultivo de pastagens e posteriormente por culturas agrícolas. No ano de 1997, a área passou a ser cultivada com algodão, rotacionado com culturas de milho (milho safrinha) e milheto na entressafra.

### 3.1.1.3 Remanescente florestal

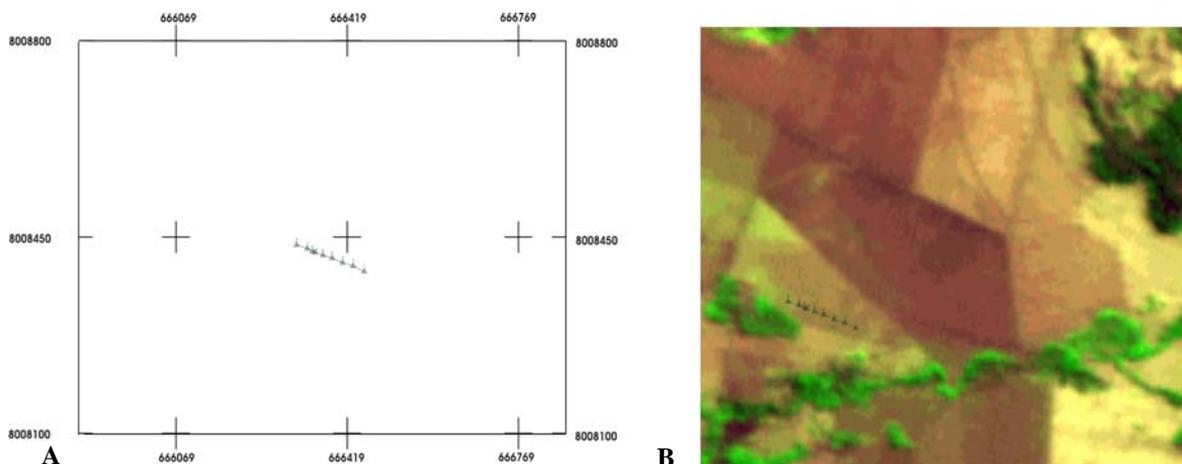
A floresta ribeirinha apresenta bom estado de conservação, onde é possível observar a ocorrência de indivíduos arbóreos de porte elevado, sendo comum a ocorrência de árvores de raízes tubulares, que funciona como barreira ao fluxo de enxurrada, provocando a retenção dos sedimentos.

## 3.1.2 Área cultivada em sistema de plantio direto

### 3.1.2.1 Local

Esta área localiza-se na microbacia hidrográfica do córrego da Ponte Nova, Goiátuba – Goiás (latitude  $-17^{\circ}08'56''S$ , longitude  $-50^{\circ}15'19''WGr$  e altitude 535,10 m) (Figura 2). A amostragem da área selecionada para o estudo foi feita de 2005 a 2008, quando cultivada com soja, em um Cambissolo Háplico Eutrófico em SPD. À jusante dessa área há um remanescente florestal, com largura média de 25 m circundando uma área

de vereda, típica da região. A transeção foi traçada partindo da área agrícola em linha reta passando pelo remanescente florestal, finalizando no início da área alagada (vereda), a declividade média da transeção é de 11% com comprimento de 140 m e na parte da transeção composta pela mata ciliar de 13% com comprimento de 25 m.



**Figura 2.** A - Representação da transeção com suas respectivas coordenadas; B - Imagem aérea sob a área de plantio direto em Goiatuba – GO.

### 3.1.2.2 Histórico

Sua ocupação ocorreu na década de 1970, quando a cobertura vegetal nativa de Cerrado foi substituída pelo uso agrícola em SPC, até o ano de 1997. A partir de 1998, a área onde foram realizadas as coletas passou a ser cultivada sob SPD, em que a semeadura é feita diretamente sobre os restos culturais do ano subsequente, sem que ocorra o revolvimento do solo.

### 3.1.2.3 Remanescente florestal

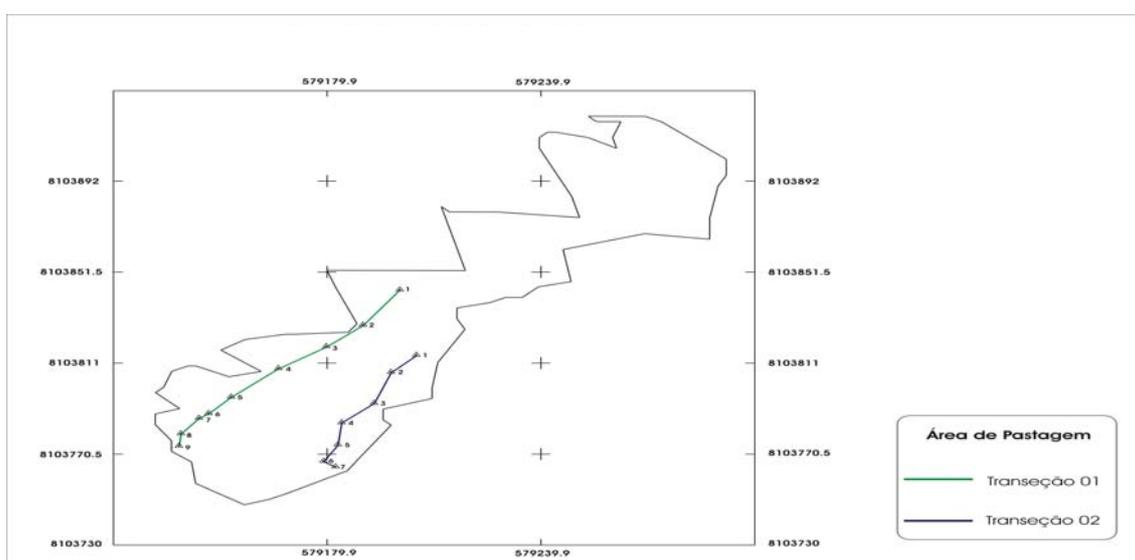
A mata remanescente encontra-se bastante descaracterizada, sendo observada a ocorrência de clareiras e evidências de retirada dos indivíduos arbóreos de maior porte; o sub-bosque é povoado por arbustos e gramíneas.

## 3.1.3 Área ocupada com pastagem de braquiária

### 3.1.3.1 Local

Esta área localiza-se na microbacia hidrográfica do Córrego Rio dos Bois, Jandaia – Goiás (latitude  $-18^{\circ}00'22''S$ , longitude  $-49^{\circ}25'42''W$  e altitude 566,82 m)

(Figura 3). O local de amostragem encontra-se parcialmente ocupada por pastagem, em um Cambissolo Háplico Eutrófico com cultivo de braquiária. O relevo dessa área é côncavo, propiciando um aumento da velocidade da enxurrada no sentido do declive. A partir do terço médio da encosta, duas transeções foram demarcadas, a partir da área cultivada. A primeira transeção tem comprimento de 98 m e declividade média de 12%, passando por uma faixa de mata ciliar remanescente com comprimento médio de 20 m e 11% de declividade. A segunda tem comprimento de 82 m e declividade média de 10%, passando uma mata ciliar remanescente de 20 m e 9% de declividade média; ambas as transeções às margens do Córrego Barreirão.



**Figura 3.** Representação das transeções da área cultivada com pastagem em Jandaia – GO.

### 3.1.3.2 Histórico

A ocupação do solo ocorreu na década de 1980, quando a cobertura original de cerrado foi substituída pelo cultivo de arroz e posteriormente pela cultura de milho. No ano de 1986 a área passou a ser cultivada com pastagem, sendo no início utilizada uma adubação corretiva e nos últimos anos não se fez mais correção da área.

### 3.1.3.3 Remanescente florestal

A floresta ribeirinha apresenta baixo estado de conservação, porém ainda é possível observar a ocorrência de indivíduos arbóreos, apesar da falta de conservação. Nota-se que na área não há qualquer proteção pela ausência de barreiras ao trânsito de animais (gado), causando o raleamento da mata ciliar e o desbarrancamento das margens dos rios, intensificados pelo relevo da área ocupada pela pastagem.

## 3.2 AMOSTRAGEM DO SOLO

Na mata ciliar localizada à jusante de cada área de estudo foram abertas trincheiras (1x1x1m) e coletadas amostras de solo consideradas como valores de referência para a análise dos atributos físicos e químicos do solo. Em cada área coletaram-se amostras de solo ao longo de uma transeção iniciada no ponto mais alto da área e finalizada no interior da mata ciliar. Em cada transeção coletaram-se amostras deformadas com trado (para análises químicas, densidade de partículas e granulometria). Coletaram-se amostras indeformadas com o extrator de Uhland, usando anéis volumétricos (5x5cm), nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm em vários pontos da transeção. Misturaram-se as amostras deformadas simples, compondo uma amostra composta representativa de cada perfil na respectiva transeção.

### 3.2.1 Área cultivada em sistema de preparo convencional

O comprimento total da transeção é de 204 m, sendo 160 m de área cultivada e 44 m de largura de mata ciliar; a transeção tem como início a beira do córrego, com os pontos de coletas ao longo da transeção assim distribuídos: a) cinco pontos na área cultivada: o primeiro ponto distante 160 m da entrada da mata ciliar; o segundo a 90 m; o terceiro a 60 m; o quarto a 45 m; e o último a 25 m; b) na área da mata ciliar foram abertas cinco trincheiras, sendo a primeira a 40 m da entrada da mata e as demais a 30 m, 20 m, 10 m e 4 m, e quatro pontos de coleta; sendo o primeiro ponto a 40 m do curso d'água; o segundo a 30 m; o terceiro a 20 m; e o último a 10 m do curso d'água.

A distância do primeiro ponto na transeção (área cultivada) para o segundo é de 70 m com declividade média de 7%; do segundo para o terceiro tem 30 m e 7% de declive, do terceiro para o quarto tem 15 m e 9%, do quarto para o quinto 20 m e 9%, e do quinto ponto para a entrada da mata ciliar tem 20 m e 14% de declividade. Dentro da mata ciliar o primeiro ponto esta a 4 m da entrada da mata com declive de 7%, do primeiro ponto na mata para o segundo tem uma distância de 10 m com 12% de declive, e do segundo para o terceiro tem 10 m e 9% de declive, do terceiro para o quarto 10 m e 3% de declividade média.

### 3.2.2 Área cultivada em sistema de plantio direto

Na área cultivada em SPD, o comprimento total da transeção é de 140 m, sendo

115 m de área cultivada e 25 m de largura de mata ciliar; o comprimento da transeção tem como início a beira do córrego, tendo os pontos de coletas ao longo da transeção assim distribuídos: na área cultivada foram escolhidos cinco pontos, o primeiro ponto distante 105 m da entrada da mata ciliar, o segundo a 90 m, o terceiro a 60 m, o quarto a 45 m e o último a 25 m; na área da mata ciliar foram abertas duas trincheiras, uma a 4 m da entrada da mata e a outra a 14 m, e três pontos de coleta, sendo o primeiro a 21 m do curso d'água, o segundo a 14 m e o último a 4 m.

A distância do primeiro ponto na transeção (área cultivada) para o segundo é de 25 m com declividade média de 11%; do segundo para o terceiro, 30 m e 9% de declive, do terceiro para o quarto, 15 m e 9% de declive, do quarto para o quinto, 20 m e 10% de declive, e do quinto ponto para a entrada da mata ciliar, tem 25 m e 15% de declive. Dentro da mata ciliar o primeiro ponto esta a 4 m da entrada da mata com declive de 13%; do primeiro ponto na mata para o segundo, 7 m e 13% de declive; e do segundo para o terceiro, 9 m e 15% de declividade média.

### **3.2.3 Área ocupada com pastagem**

#### **3.2.3.1 Primeira transeção na área de pastagem**

O comprimento total da primeira transeção foi de 98 m, sendo 78 m na área cultivada e 20 m na mata ciliar. O comprimento da transeção teve como início a beira do córrego, com os pontos de coleta ao longo da transeção assim distribuídos: a) na área cultivada escolheram-se seis pontos: o primeiro distante a 78 m da entrada da mata ciliar; o segundo, a 61 m; o terceiro, a 47 m, o quarto, a 32 m; o quinto, a 16 m; e o último na saída da mata ciliar; b) na área da mata ciliar foi aberta uma trincheira, na entrada da mata, e três pontos de coleta, distando o primeiro a 14 m do curso d'água, o segundo, a 8 m; e o terceiro, a 2 m do curso d'água.

As distâncias na transeção foram: a) área cultivada do primeiro ponto para o segundo foi 17 m, com declividade média de 9%; do segundo para o terceiro ponto de 14 m e 14% de declive; do terceiro para o quarto ponto de 15 m e 14% de declive; do quarto para o quinto ponto de 16 m e 14% de declive; e do quinto para o sexto ponto de 16 m e 9% de declive; b) dentro da mata ciliar: do sexto para o sétimo ponto, a distância foi de 6 m e 8% de declive; do sétimo para o oitavo, de 6 m e 16% de declive; e do oitavo para o nono ponto, de 6 m e 18% de declividade média.

### 3.2.3.2 Segunda transeção na área de pastagem

O comprimento total da segunda transeção foi de 84 m, sendo 64 m de área cultivada e 20 m de mata ciliar. O comprimento da transeção teve como início a beira do córrego, tendo os pontos de coleta ao longo da transeção assim distribuídos: a) na área cultivada escolheram-se cinco pontos: o primeiro ponto distante a 64 m da entrada da mata ciliar; o segundo, a 50 m; o terceiro, a 32 m; o quarto, a 17 m; o quinto, na saída da mata; b) na área da mata ciliar abriram-se uma trincheira, na entrada da mata, e dois pontos de coleta, tendo sido o primeiro a 11 m do curso d'água; o segundo, a 2 m.

As distâncias dos pontos nas transeções foram de: a) na área cultivada: do primeiro ponto para o segundo de 14 m, com declividade média de 11%; do segundo ponto para o terceiro, de 18 m e 12% de declive; do terceiro ponto para o quarto, de 15 m e 13% de declive; do quarto ponto para o quinto, de 17 m e 7% de declive; b) dentro da mata ciliar: do quinto ponto para o sexto ponto a distância foi de 9 m e declive de 9%; do sexto ponto para o sétimo, de 9 m e 9% de declive.

Na área de pastagem, tendo em vista haver dois tipos de solos (Latosolo e um Cambissolo), além das duas trincheiras na entrada da mata de cada transeção foi feita mais duas trincheiras entre as transeções: a primeira na região do terço superior da encosta, caracterizado como um Latossolo, e a segunda no terço médio da encosta, já na área da transeção, caracterizado como um Cambissolo.

A descrição morfológica dos perfis de solo foi feita pelos procedimentos do IBGE (2007).

## 3.3 DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO

### 3.3.1 Análises químicas do solo

Para determinar o teor de nutrientes extraíveis dos solos coletaram-se amostras compostas na profundidade de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, usando um trado holandês na linha e entre linhas de plantio. As coletas foram realizadas durante o final do período chuvoso e início do seco.

A caracterização química das amostras de solo foi feita no LASF/UFG, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997). Foram determinados: pH em CaCl<sub>2</sub>; a MOS pela oxidação matéria orgânica por ácido crômico e ácido sulfúrico segundo

Walkley & Black (1934); P e K extraídos pelo método Mehlich-I e analisado por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca, Mg extraídos com KCl N e analisados por absorção atômica; a saturação por bases (V) foi determinada pela relação entre a soma dos valores de cátions básicos trocáveis e a soma dos cátions totais.

### **3.3.2 Análises físicas do solo**

Para determinar os atributos físicos coletaram-se amostras indeformadas de solo com anéis volumétricos de 98 cm<sup>3</sup>, em seguida acondicionadas com filme plástico e papel alumínio e armazenadas na geladeira para a preservação de suas características, antes de se iniciar a determinação da microporosidade e da densidade do solo. Essas amostras foram coletadas ao longo da transeção e nos horizontes descritos na análise morfológica dos perfis de solo. Coletaram-se amostras deformadas (com trado holandês) para determinação de textura, umidade do solo e densidade de partículas. As amostragens foram realizadas durante os períodos de safra e entressafra (períodos chuvoso e seco).

#### **3.3.2.1 Análise granulométrica**

##### **3.3.2.1.1 Textura com dispersão química**

As análises granulométricas foram realizadas pelo método do densímetro de Bouyoucos (Kiehl, 1979), utilizando solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e dispersão lenta (mesa agitadora durante duas horas). A fração areia total foi separada da fração fina (silte + argila) conforme descrito no método do densímetro: fez-se a leitura da areia quatro minutos após transferir as amostras da mesa agitadora para a proveta de 1000 mm, completando a até atingir o volume com água destilada e agitando a com bastão; a leitura da argila foi feita duas horas após a leitura da areia, tempo esse destinado para que o silte se sedimentasse e fosse lido apenas a argila; o silte foi encontrado pela diferença, para se chegar a 100%. Depois desse processo, foi separada a areia em uma peneira de 0,053 mm levada a em estufa por 24 horas, pesada e então separada por tamisação manual nas frações areia muito grossa (2-1 mm), grossa (1-0,5 mm), média (0,5-0,25 mm), fina (0,25-0,1 mm) e muito fina (0,1-0,05 mm).

##### **3.3.2.1.2 Argila dispersa em água**

As análises granulométricas foram realizadas pelo método do densímetro de Bouyoucos (Kiehl, 1979), utilizando se como dispersante água e dispersão lenta (com mesa

agitadora durante duas horas). A fração areia total foi separada das frações silte + argila, conforme descrito no método do densímetro: fez-se a leitura da areia quatro minutos após transferir as amostras da mesa agitadora para a proveta de 1000 mL, completando a até atingir o volume com água destilada e agitando a com bastão. A leitura da fração argila foi feita duas horas após a leitura da fração areia.

### 3.3.2.2 Grau de flocculação

A determinação do grau de flocculação foi feita utilizando-se os valores da argila dispersa em água e dispersa em NaOH, segundo a fórmula, Eq.1:

$$GF = 100 \left( \frac{ArgilaNaOH - Argilaágua}{ArgilaNaOH} \right) \quad (1);$$

### 3.3.2.3 Umidade gravimétrica e umidade volumétrica

A determinação da umidade do solo foi feita com base em peso ou umidade gravimétrica (U), expressa pela relação entre a massa de água (Ma) e a massa do solo seco (Ms). Assim pode-se escrever, Eq. 2:

$$U = \left( \frac{Ma}{Ms} \right) \cdot 100 \quad (2);$$

A determinação da umidade volumétrica ( $\theta$ ) foi feita pela relação entre a massa de água (Ma) e o volume do solo (V). Assim pode-se escrever, Eq. 3:

$$\theta = \left( \frac{Ma}{V} \right) \quad (3);$$

### 3.3.2.4 Volume total de poros (VTP)

Com os valores obtidos na densidade do solo (Ds) e densidade de partículas (Dp), calculou-se o volume total de poros pela expressão (Vomocil, 1965), Eq. 4:

$$VTP = \left( 1 - \left( \frac{Ds}{Dp} \right) \right) \cdot 100 \quad (4);$$

### 3.3.2.5 Macroporosidade e microporosidade

Para determinação da microporosidade foi utilizada a mesa de tensão, segundo Grohmann (1960). As amostras foram previamente saturadas com água destilada e submetidas à tensão de 60 cm de altura de coluna de água, para separar a porosidade capilar (microporosidade) e não capilar (macroporosidade). A porcentagem da água retida

nas amostras após equilíbrio expresso em volume, corresponde a microporosidade do solo, enquanto a macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total e microporosidade.

### 3.3.2.6 Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel de volume conhecido (Blake, 1965), que consiste na relação entre a massa de solo e volume total solo, depois de passado pela estufa de 105°C a 110°C por 24 horas. Assim pode-se escrever, Eq. 5:

$$D_s = \left( \frac{M_s}{V} \right) \quad (5);$$

### 3.3.2.7 Densidade de partículas

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (50 mL), segundo Blake & Hartge (1986). Determinou-se o volume dos sólidos, subtraindo o volume de álcool gasto (L). A densidade de partículas foi calculada pela Eq. 6:

$$D_p = \frac{20}{(50 - L)} \quad (6);$$

### 3.3.2.8 Estabilidade de agregados via úmida

Coletaram-se amostras indeformadas (em blocos de 10x10x10cm) para determinar a estabilidade de agregados por peneiramento úmido. O procedimento consiste em passar a amostra seca ao ar em uma peneira de 8 mm e o que ficar retido em uma peneira de 4 mm (agregados homogêneos) e submetido ao conjunto de peneiras de diâmetros de 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; e 0,10 mm, imersas em água, segundo Yoder (1936) e modificações de Embrapa (1997). Os agregados ficaram nas peneiras conforme a agregação de cada solo, onde é possível determinar o diâmetro médio geométrico e o diâmetro médio ponderado, conforme as Eqs. 7 e 8;

$$DMG = 10^x, \quad \text{sendo} \quad x = \exp \left[ \frac{\left( \sum_{i=1}^n R_i \log D_i \right)}{\left( \sum_{i=1}^n R_i \right)} \right]$$

(7);

$$DMP = \sum_{i=1}^5 (D_i R_i) \quad (8);$$

em que:  $R_i$  é a % dos agregados retidos em uma determinada peneira;  $D_i$  é o diâmetro médio de uma determinada faixa de tamanho do agregado em mm.

### 3.3.2.9 Resistência à penetração mecânica

A resistência do solo à penetração (RP) foi obtida por meio de penetrômetro vertical de impacto, modelo IAA/Planalçúcar (Stolf et al. 1983), de ponta fina, na profundidade de 0 cm a 60 cm, com duas repetições em cada ponto das transeções. O princípio da utilização do penetrômetro é baseado na resistência do solo à penetração de uma haste, após a aplicação do impacto de um bloco de ferro (1 kg), com queda livre de 40 cm. Quando o aparelho atinge zonas compactadas, o número de impactos necessários para a penetração da haste para atingir uma mesma profundidade torna-se maior. Após a tabulação dos dados constrói-se um gráfico, relacionando o número de impactos  $dm^{-1}$  com a profundidade analisada (Stolf, 1987).

Os resultados expressos em impactos  $dm^{-1}$  devem ser transformados em unidades do Sistema Internacional, isto é,  $kgf\ cm^{-1}$  e posteriormente em mega pascal (Mpa). Para efetuar essa transformação, é necessário utilizar a Eq. 9:

$$R = \frac{(M + m).g}{A} + \frac{f.M.g.h}{10A}.N \quad (9);$$

em que: R é a resistência do solo à penetração em  $kgf\ cm^{-2}$ ; M, a massa de impacto (4 kg, modelo comercial); m, a massa do corpo do penetrômetro (3,2 kg); g, a aceleração da gravidade; f, a fração de energia restante para promover a penetração  $[M/(M+m)]$ ; h, a altura da queda da massa de impacto (40 cm); N, o número de impactos por decímetro; A, a área da base do cone de penetração de ponta fina ( $1,28\ cm^2$ ).

Essa equação pode ser resumida na Eq. 10:

$$R\ (kgf\ cm^{-2}) = 5,6 + 6,89N \quad (10);$$

E, finalmente, para transformar  $kgf\ cm^{-2}$  em mega pascal (MPa) basta utilizar a

Eq. 11:

$$R\ (MPa) = 0,0980665 \times kgf\ cm^{-2} \quad (11);$$

### 3.3.2.10 Condutividade hidráulica do solo saturado

Para a determinação da condutividade hidráulica saturada ( $K_o$ ) coletaram-se

amostras indeformadas com anéis de 5x5 cm ao longo da transeção. A condutividade hidráulica saturada foi avaliada em laboratório com permeâmetro de carga constante. Para tal, amostras indeformadas foram saturadas e, então, submetidas a uma carga constante de 2 cm de coluna d'água, tendo sendo coletado o volume de água percolado em um intervalo de tempo de 8 horas, ou seja, coleta-se o volume de hora em hora durante esse intervalo, no último estágio coleta o volume percolado, não havendo estabilidade, faz-se a media dos dois últimos valores. O cálculo da condutividade hidráulica saturada será feito através da equação proposta por Darcy-Willians para fluxo de água no solo (Klute, 1965). Para evitar o maior fluxo de água junto à parede do cilindro será usado um suporte coletor de água percolada, conforme descrito por Lima (1987), Eq. 12:

$$K = \frac{(QL)}{(A.h.t)} \quad (12);$$

em que: K é a condutividade hidráulica saturada do solo ( $\text{mm s}^{-1}$ ); Q, o volume de água coletado no intervalo de tempo ( $\text{cm}^3$ ); L, a altura do cilindro (cm); A, a área da seção transversal do cilindro ( $\text{cm}^2$ ); h, a altura da lâmina d'água sobre amostra (cm); e t, o tempo de intervalo entre coletas (hora). Os valores de condutividade hidráulica saturada foram corrigidos para a temperatura padrão de 20°C, usando-se a expressão da Eq. 13:

$$K_{20^\circ\text{C}} = K \frac{\mu}{\mu_{20}} \quad (13);$$

em que:  $K_{20^\circ\text{C}}$  é a condutividade hidráulica do solo saturado a 20°C ( $\text{mm h}^{-1}$ ); K, a condutividade hidráulica do solo saturado a temperatura ambiente ( $\text{mm h}^{-1}$ );  $\mu$ , a viscosidade da água a temperatura ambiente;  $\mu_{20}$ , a viscosidade da água a 20°C.

As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) conforme as metodologias descritas em Embrapa (1997).

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação de médias pelo programa SAS (Statistical Analysis System – SAS 2000) (Freund & Little, 1981).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 TRANSEÇÃO EM SPC CULTIVADA COM ALGODÃO - PANAMÁ, GO**

#### **4.1.1 Atributos físicos do solo**

A maioria dos atributos físicos dos solos estudados (Tabela 1) apresentou coeficiente de variação (CV) baixo a médio, sendo a condutividade hidráulica saturada ( $K_o$ ) e o fósforo (P), que apresentaram respectivamente, CV de 107% e 120% os maiores valores. Esse valor é considerado muito alto de acordo com as faixas de variabilidade propostas por Pimentel-Gomes (1984). Esse fato pode estar relacionado à diferença significativa ( $p > F = 0,001$ ) da  $K_o$  do solo sob a mata, com  $K_o = 224,70 \text{ mm h}^{-1}$  em relação à área em sistema de plantio convencional (SPC), com  $K_o = 11,30 \text{ mm h}^{-1}$ . A maior permeabilidade do solo sob a mata está associada à sua melhor qualidade estrutural, conforme mostram os índices de estabilidade dos agregados do solo. Outros indicativos da qualidade do solo sob mata são os altos teores de MOS, e cátions básicos trocáveis do solo sob mata e da área cultivada. A melhor estruturação do solo e a adição de materiais orgânicos são refletidas também pelo menor valor de  $D_p$  do solo sob mata ( $D_p = 2,51 \text{ g cm}^{-3}$ ), quando comparado ao cultivado ( $D_p = 2,76 \text{ g cm}^{-3}$ ).

Na classificação da Embrapa (1995), pelos valores de granulometria médios encontrados, a classe textural dos solos é argila (Figura 4). Nas frações argila e silte foram encontradas diferenças significativas entre os usos, no entanto, não se constatou diferença significativa nas profundidades analisadas e também quando se comparam os usos versus as profundidades ao longo da transeção (Tabela 1).

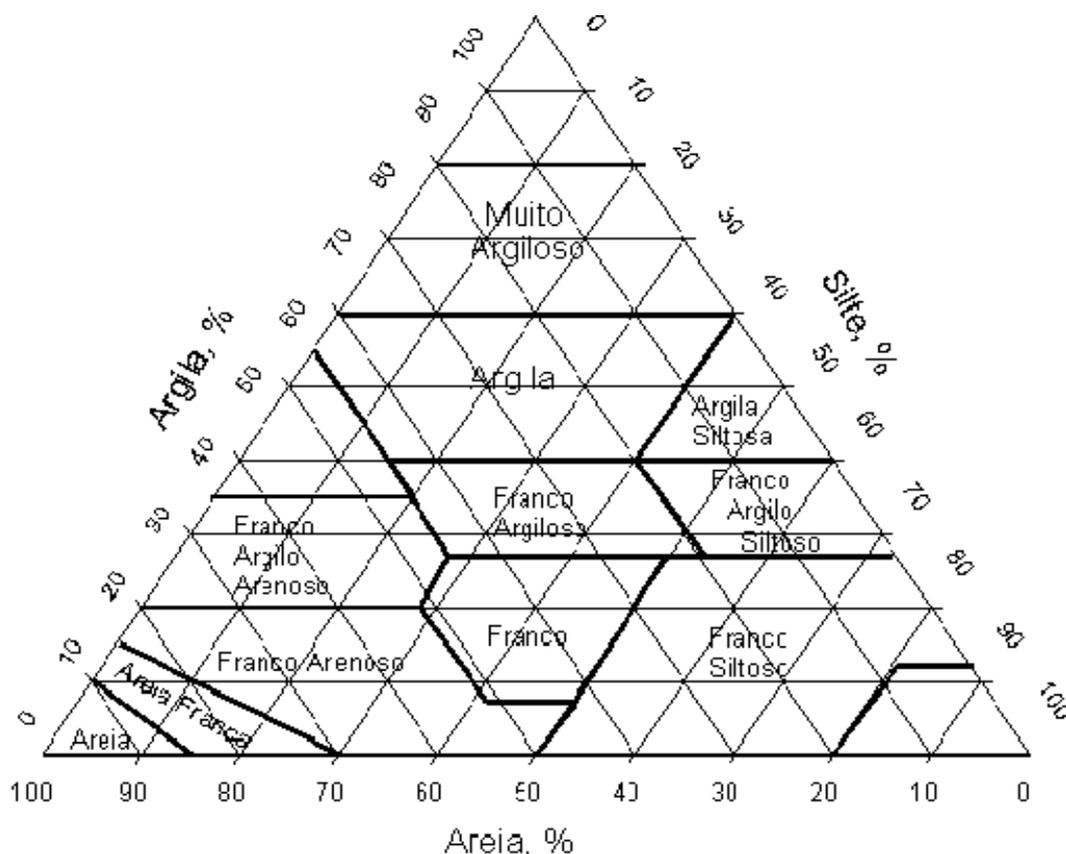
Na separação das areias percebe-se que as frações areia fina (AF) e areia muito fina (AMF) têm grande variação quando se comparam os usos do solo, sugerindo que as práticas de manejo empregado têm provocado essas alterações, concordando com Eguchi et al. (2002), que realizou trabalho semelhante. Guimarães (2000), ao contrário, afirma que a granulometria é pouco dependente do uso e manejo do solo, considerando este atributo como fixo e a variação é resultante dos processos pedogenéticos de formação do solo. No entanto, neste trabalho, variações de até 80% na fração areia foram encontradas,

comparando-se a área submetida ao SPC e a mata, o que pode ser atribuído ao deslocamento das frações mais finas da areia ao longo da transeção, ficando retidas na mata ciliar, mostrando a sua eficiência na retenção de sedimentos.

**Tabela 1.** Valores médios dos atributos do solo nos diferentes usos e profundidades, comparações pelo teste F e coeficiente de variação (CV %) para o Latossolo Vermelho distrófico cultivado com algodoeiro em sistema de preparo convencional (SPC) e no remanescente florestal. Médias de cinco repetições no SPC e quatro repetições na mata.

Atributos	Usos		Profundidades na transeção - cm			Teste F			CV %
	SPC	Mata	0-5	5-10	10-20	Usos	Prof	Usos x Prof	
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	514,00	472,50	495,60	495,00	495,60	20,12*	0,01 ns	0,01 ns	5
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	372,00	322,50	350,00	350,00	350,00	11,04*	0,01 ns	0,01 ns	11
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	114,00	205,00	154,40	154,40	154,40	22,44*	0,01 ns	0,01 ns	32
AMG (g kg <sup>-1</sup> )	9,99	14,43	12,00	12,00	12,00	6,75*	0,01 ns	0,01 ns	37
AG (g kg <sup>-1</sup> )	17,47	34,31	24,90	24,90	24,90	19,34*	0,01 ns	0,01 ns	40
AM (g kg <sup>-1</sup> )	19,41	42,74	29,80	29,80	29,80	22,35*	0,01 ns	0,01 ns	43
AF (g kg <sup>-1</sup> )	32,30	63,25	46,10	46,10	46,10	28,45*	0,01 ns	0,01 ns	33
AMF (g kg <sup>-1</sup> )	34,84	50,28	41,70	41,70	41,70	6,66*	0,01 ns	0,01 ns	37
GF (g kg <sup>-1</sup> )	414,76	319,67	372,50	372,50	372,50	4,93*	0,01 ns	0,01 ns	30
Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,76	2,51	2,65	2,65	2,65	27,94*	0,01 ns	0,01 ns	5
VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,55	0,56	0,57	0,56	0,54	0,41 ns	3,41*	3,68*	4
MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,05	0,08	0,06	0,06	0,06	5,15*	0,12 ns	0,42 ns	52
MI (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,50	0,48	0,51	0,50	0,48	5,63*	6,09*	3,56*	5
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,23	1,11	1,14	1,18	1,21	23,58*	2,37 ns	2,79 ns	6
U (kg kg <sup>-1</sup> )	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	35,49*	0,01 ns	0,01 ns	3
Ko (mm h <sup>-1</sup> )	11,53	224,70	106,27	106,27	106,27	23,51*	0,01 ns	0,01 ns	107
Agreg (%)	66,00	80,17	72,30	72,30	72,30	15,81*	0,01 ns	0,01 ns	13
DMG (mm)	2,11	2,66	2,36	2,36	2,36	14,77*	0,01 ns	0,01 ns	16
DMP (mm)	2,13	2,46	2,28	2,28	2,28	16,96*	0,01 ns	0,01 ns	9
RP (MPa)	2,52	2,95	2,52	2,90	2,71	15,31*	4,03*	2,66 ns	10
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,18	5,15	5,25	4,94	5,30	0,05 ns	1,69 ns	0,79 ns	9
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	46,27	53,73	56,53	56,12	42,11	4,77*	6,04*	0,85 ns	18
P (mg dm <sup>-3</sup> )	13,52	30,89	19,95	16,96	27,11	3,07 ns	0,38 ns	0,07 ns	120
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,22	3,86	7,36	4,47	2,01	4,88*	25,54*	0,86 ns	34
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	25,22	60,17	38,80	27,68	55,78	19,67*	4,35*	2,47 ns	50
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,53	18,03	13,56	10,81	17,22	11,43*	2,84 ns	2,59 ns	41
V (%)	47,59	56,55	49,97	39,03	65,73	1,91 ns	5,78*	1,17 ns	32

Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5%; ns = não significativo; Prof = Profundidade; AMG = Areia muito grossa; AG = Areia grossa; AM = Areia média; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; GF = Grau de flocculação; Dp = Densidade de partículas; VTP = Volume total de poros; MA = Macroporosidade; MI = Microporosidade; Ds = Densidade do solo; u = Umidade gravimétrica; Ko = Condutividade hidráulica; Agreg = Agregados ≥ 2 mm; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; RP = Resistência do solo à penetração; pH = Potencial Hidrogeniônico; MOS = Matéria orgânica no solo; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; V = Saturação de base.



**Figura 4.** Triângulo textural: classes texturais da terra fina seca ao ar (TFSA) (Lemos & Santos, 1996).

O Grau de Flocculação (GF) apresentou significância entre os usos do solo; tendo a área de SPC com GF 30% maior que a mata, mostrando que mesmo sendo um sistema favorável à desagregação do solo, isso não se contatou neste atributo analisado.

Os valores de densidades de partículas do solo ( $D_p$ ) mostraram diferença significativa em relação aos usos, o que parcialmente é explicado pelo transporte da areia da área de SPC para mata ao longo da transeção. Essa diferença, porém, não foi significativa em profundidade e também em relação aos usos versus a profundidade. Apesar de sua significância em relação aos usos, percebe-se que os valores médios encontrados estão próximos do valor clássico utilizado na literatura, de  $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ . Brady (1989) afirma que a  $D_p$  depende da natureza do material mineral predominante, apresentando pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de solo.

Com relação ao volume total de poros (VTP) não se observou diferença significativa entre os usos do solo, no entanto, há significância quando se analisa o uso versus a profundidade e também em profundidade, com baixa variação entre as camadas.

Segundo Kiehl (1979), o solo ideal é aquele que contém 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos, estabelecendo uma relação igual a 0,50. Considerando essa relação, observou-se nesse estudo os valores de 0,10 para o SPC e 0,17 para a mata, mostrando que o sistema de uso pode ser o responsável por essa alteração, sendo justificado pela diferença significativa entre os usos.

Os valores macroporos (MA) de  $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  no SPC e de  $0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na mata encontram-se abaixo da faixa considerada ideal – de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , segundo Baver et al. (1972) e Kiehl (1979) – e também abaixo da faixa crítica ( $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), esta considerada limitante ao desenvolvimento das plantas (Erickson, 1982; Tormena et al., 2004).

As diferenças nos valores de microporosidade (Mi) e de macroporosidade (Ma) nos dois sistemas de uso do solo sugerem que, apesar de o SPC aumentar, no início, a macroporosidade, esse efeito seja apenas de curto prazo. Posteriormente ocorre o rearranjo das partículas, que reduz a macroporosidade, provocando o deslocamento de sedimentos ao longo da transeção. Uma explicação adicional para a elevação da MA na mata em relação ao SPC é a presença de raízes perenes e profundas, relacionadas a diferentes extratos arbóreos.

Segundo Morais (2008), a formação de MA em sistema de plantio convencional foi evidenciada quando as amostragens do solo foram realizadas após o preparo do solo para o plantio do algodão. Entretanto, após o período chuvoso, houve redução na MA neste sistema. Vários autores têm relatado que em áreas que sofreram ação antrópica com alteração da estrutura original, ocorre redução da porosidade total do solo com conseqüências desfavoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas na camada superficial (Machado, 1976; Vieira, 1985; Stone & Silveira, 2001). Isso indica que a macroporosidade está mais sujeita a mudanças impostas pelo manejo do que a microporosidade, fato constatado por Albuquerque et al. (2001) demonstrando que o aumento da densidade e a redução dos macroporos, provavelmente, deve-se à compactação causada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas utilizados no plantio da safra de verão, quando a umidade do solo é, geralmente elevada.

A densidade do solo (Ds) é uma propriedade física que possui uma relação estreita com a textura do solo, com os teores de matéria orgânica e, com a porosidade do solo. A relação da Ds com a porosidade do solo é inversamente proporcional: na medida em que diminui a Ds, a porosidade tende a aumentar, principalmente a macroporosidade

(Suzuki, 2002). Os valores médios de  $D_s$  encontrados – de  $1,23 \text{ kg dm}^{-3}$  no SPC e de  $1,11 \text{ kg dm}^{-3}$  na mata – apresentam diferenças significativas, mostrando que o maior tráfego de máquinas sobre o solo no SPC induz a maior densidade do solo e, por extensão, maior compactação do solo (Pidgeon & Soane, 1977; Hill, 1990; Tormena et al., 2004).

Os valores de  $D_s$  encontrados estão abaixo dos valores restritivos para a infiltração de água e crescimento radicular das plantas relatado na literatura como sendo da ordem  $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $1,35 \text{ kg dm}^{-3}$  em Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso (Alvarenga et al., 1996) e  $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$  para solos argilosos (Medina, 1985; Corsini & Ferraudó, 1999). O limite de  $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$  é aceito de modo geral para solos argilosos, sendo que os valores críticos aumentam com o decréscimo do teor de argila do solo (Arshad et al., 1996).

A umidade gravimétrica do solo ( $U$ ), mesmo sendo significativa comparando-se os usos, apresentou uma variação muito pequena; não apresentando significância para as profundidades estudadas. O teor de umidade do solo no momento das coletas de amostras é essencial, pois a época de coleta (período seco ou chuvoso) poderá elevar a resistência do solo à penetração em até três vezes (Magalhães et al., 2001).

A determinação da  $K_o$  em laboratório tem gerado muitos questionamentos, sendo recomendada sua determinação diretamente no campo. Ela sofre influência da porosidade, da matéria orgânica e da estrutura do solo (Cadina et al. 1980; Jabro, 1992). Os valores médios encontrados no presente trabalho mostram diferença significativa quando se compara o uso do solo. O valor médio de  $K_o$  na mata (de  $224,70 \text{ mm h}^{-1}$ ) foi cerca de vinte vezes o valor obtido no SPC (de  $11,53 \text{ mm h}^{-1}$ ). Essa diferença pode ser explicada pela alteração na continuidade de poros e pela maior atividade biológica na mata, que facilita a movimentação tridimensional da água (Sarvagi, 1994).

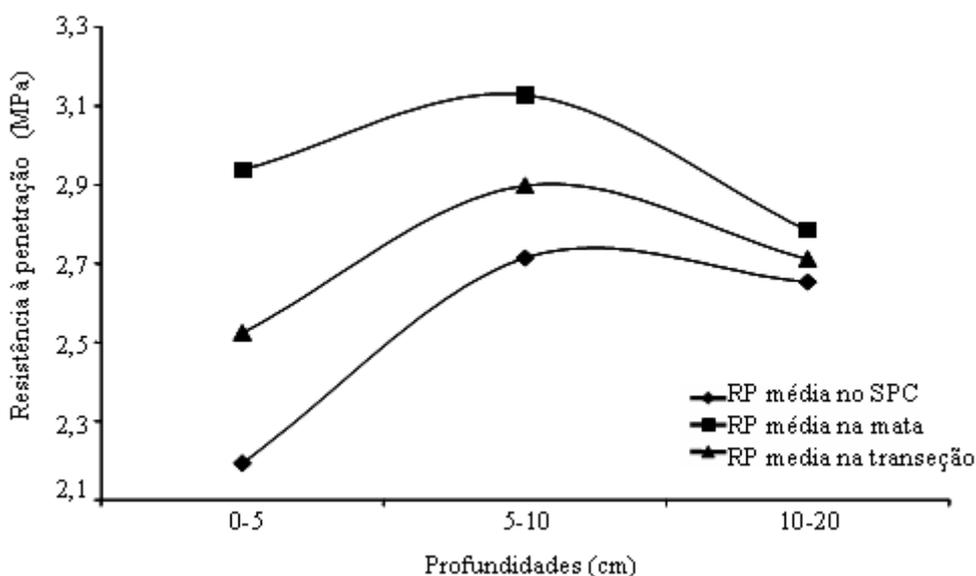
A análise de agregados (Tabela 1) indica que há diferenças na agregação do solo sob mata em relação ao SPC, como mostram os agregados maiores que 2 mm, DMP e DMG que são maiores na área da mata. Apesar de o valor baixo em relação à mata, o SPC encontrado nesse estudo é bem maior que os valores médios encontrados por (Morais, 2008), que encontrou valores médios de DMP de 2,11 mm, DMG de 1,77 mm e agregados maiores que 2 mm de 62,35%, estudando algodão sob as mesmas condições; essa elevação pode ser devido ao elevado teor de matéria orgânica encontrada nesta área de estudo.

Pedrotti et al. (2003) salientam que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica, maior o grau de agregação. Albuquerque et al. (2003) também encontraram

maior estabilidade de agregados em sistemas de cultivos com preparo reduzido, com alto teor de argila e de matéria orgânica.

A resistência à penetração (RP) de 2,0 MPa é o valor considerado limitante ao desenvolvimento radicular, pois acima desse torna-se impeditiva ao crescimento das raízes no solo (Taylor et al., 1966 e Nesmith, 1987). No entanto, para Arshad et al. (1996) os níveis de críticos de RP variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada, adotando valores de RP de 1,0 MPa a 2,0 MPa como baixos, 2,0 MPa a 4,0 MPa como moderados e de 4,0 MPa a 8,0 MPa como altos; e ainda, segundo Rosolem et al. (1999) a RP de 1,3 MPa reduz à metade o crescimento de raízes seminais adventícia na cultura do milho e Pauletto et al. (1989) consideram a RP acima de 1,72 MPa como camadas compactadas.

Neste estudo foram encontrados valores de 2,52 MPa no SPC e 2,95 MPa na mata, estando dentro da faixa moderada de acordo com Arshad et al. (1996), porém acima dessa faixa crítica para o desenvolvimento para maioria das culturas. A análise estatística mostra que houve significância quando se compararam os usos e também em profundidade, apresentando na camada de 5-10 cm uma maior resistência (Figura 5).



**Figura 5.** Valores de resistência à penetração mecânica para o Latossolo Vermelho distrófico cultivado em SPC. A resistência à penetração mecânica, avaliada com penetrômetro de impacto, com umidade do solo de 0,26 kg kg<sup>-1</sup> no SPC e 0,27 kg kg<sup>-1</sup> na mata.

Tendo em vista que os testes de penetrometria foram realizados com o solo em umidades aproximadamente iguais, conforme os dados apresentados, essa elevação da RP na camada de 5-10 cm poderá ser associada às diversas práticas de preparo do solo e

manejos da cultura; pois, há relatos que a mesma chega a receber até quinze pulverizações durante o ciclo do algodoeiro.

Para Magalhães et al. (2001), que estudaram a RP em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com pastagem, a época da amostragem é essencial, pois na época da seca a resistência é cerca de três vezes superior àquela encontrada na época das chuvas. Por essa razão, para interpretação correta de dados de resistência à penetração é essencial que sejam referenciados com os teores de umidade no momento das determinações.

#### **4.1.2 Atributos químicos do solo**

Os valores de pH variaram de 5,15 na mata a 5,18 no SPC, caracterizando uma acidez média em comparação com a CFSG (1988). Em geral, os valores de pH não tiveram grandes variações quando se comparou os usos e as profundidades. Contudo, Staut & Kurihara (1998) e Embrapa (2001) relatam que solos com pH inferior a 5,5 o algodoeiro sofre uma série de problemas nutricionais que limitam sua produtividade. Em pH ácidos, as plantas tendem a apresentar um desenvolvimento reduzido tanto das raízes quanto da parte aérea.

Os valores médios de Cálcio (Ca) de  $25,22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no SPC estão abaixo da média segundo CFSG (1988) e Souza & Lobato (2004), enquanto que na mata o valor de  $60,17 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é considerado alto segundo os mesmos autores; essas diferenças justificam a significância entre os usos e também em relação às profundidades (Tabela 1). Os teores de Magnésio (Mg) de  $10,53 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no SPC são considerados médio segundo Souza & Lobato (2004) e alto segundo CFSG (1988); enquanto que na mata o valor de  $18,03 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é considerado alto para os mesmos autores. Segundo Ferreira & Carvalho (2005) a cultura do algodoeiro é muito sensível à acidez e a presença de alumínio trocável, além de exigente em Ca, elemento essencial para o desenvolvimento das raízes.

Silva (1999) e Ferreira et al. (2005) relatam que as maiores produtividades da cultura do algodoeiro foram obtidas quando os teores de K do solo situaram-se entre  $2,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $3,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os valores de Potássio (K) encontrados tanto no SPC quanto na mata são considerados altos (CFSG, 1988; Vilela et al., 2002); apresentado significância tanto nos usos quanto nas profundidades estudadas (Tabela 1).

Alcântara et al. (2000), estudando em Latossolo Vermelho escuro distrófico, textura argilosa, relataram que na camada até 10 cm pode ocorrer até duas vezes mais K que em profundidades acima de 20 cm. De forma semelhante Muzilli (1983) e Sidiras &

Pavan (1985) relataram que os teores de K trocável no solo decrescem com a profundidade, independente do sistema de manejo, provavelmente devido à adubação de plantio sempre realizada na profundidade superficial do solo, havendo uma concentração deste nutriente na camada superficial do solo.

Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg na folhas e que em valores acima de  $3,50 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no solo ocorre queda na produtividade. Para os autores a produção tende a diminuir quando a relação  $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$  for superior a 33, indicando que mesmo em solos com teores absolutos de K considerados adequados, pode haver resposta do algodoeiro à adubação potássica, se acontecer um desequilíbrio em relação ao Ca e Mg.

O maior coeficiente de variação das análises de solo foi obtido para o teor de P (120 %). Esse fato demonstra a grande variação dos teores de nutrientes na área amostrada. Machado et al. (2007) atribuíram esse fato ao modo de aplicação e a baixa mobilidade do P no solo. O teor médio de P de  $13,52 \text{ mg dm}^{-3}$  encontrados no SPC e  $30,89 \text{ mg dm}^{-3}$  obtido na mata são considerados altos em relação a Goedert et al. (1985); CFSG (1988); Vilela et al. (2002) e Souza & Lobato (2004); apesar da baixa mobilidade do P no perfil do solo, constata-se que ha grande diferença entre os usos do solo, que poderá ser causado pelo desprendimento de partículas ao longo da transeção, e com isso, o carregamento de nutrientes para a mata ciliar; com grandes chances de estes nutrientes alcançarem o leito do rio, caso a mata não os retenha.

O teor de matéria orgânica no solo (MOS) variou de  $46,27 \text{ g dm}^{-3}$  no SPC e  $53,73 \text{ g dm}^{-3}$  na mata, estes valores enquadram-se na faixa considerada média de acordo com Leandro (1998) e alta segundo Sousa & Lobato (2004). Constatou-se diferença significativa tanto no uso quanto nas profundidades estudadas, sendo encontrados valores maiores na área da mata e um menor valor nas profundidades de 10-20 cm (Tabela 1). Para Scopel et al. (2005), os solos do cerrado tendem a apresentar baixos teores de MO; por isso, Primavesi (1989) e Luchese et al. (2004) recomendam que sejam adotadas práticas de manejo que propicie o aumento da MOS.

Os valores da saturação por bases (V), tanto no SPC quanto na mata são considerados altos, segundo CFSG (1988); contudo, o valor na profundidade 10-20 cm são maiores, o que justifica a significância apresentada entre as profundidades estudadas. Pode-se verificar também, que a V recomendada para os solos de Cerrado deve-se situar

entre 40% e 60% (Sousa & Lobato, 1996), assim, os teores encontrados nesse estudo são ideais para o uso agrícola.

#### **4.1.3 Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos**

Com base nas análises físico-químicas e nas descrições morfológicas das trincheiras abertas na mata (Anexo A) foi possível verificar que os primeiros metros da mata foram mais eficientes na retenção dos sedimentos.

A análise dos dados revela que a mata promoveu a retenção de sedimentos na entrada de mata ciliar e que ao final da área da mata, houve deposição entre 14 m e 24 m do início da mata. Na primeira trincheira observada (AT40), a 4 m da entrada da mata, foi possível visualizar duas camadas de sedimentos com espessura de 8 cm e 14 cm. Na trincheira a 14 m da entrada da mata (AT30), uma única camada de sedimentos foi identificada com espessura 11 cm. Nas demais trincheiras (AT20, AT10 e AT4), localizadas respectivamente a 24 m, 34 m e 40 m da borda da mata, não foi evidenciado a existência de camada superficial de sedimentos, sendo identificado o horizonte A em superfície.

A descrição morfológica das trincheiras permitiu classificar as camadas superficiais de sedimentos principalmente com base na observação de cor e na caracterização da estrutura. Os sedimentos apresentam cor relativamente mais clara com a matiz vermelha mais intensa, porém a cor do perfil quando úmido é bastante homogêneo. Quanto à estrutura, a camada de sedimentos apresentava estrutura granular muito fina de grau moderado, devido à presença de micro agregados, que se desmanchavam quando friccionados contra a mão na presença de água, comportando-se como grãos soltos, sem nenhuma orientação e sem a formação de torrão.

O horizonte A enterrado, visível em AT40 apresenta espessura de 18 cm e na AT30 espessura de 15 cm, caracterizado pela estrutura granular pequena de grau forte com transição abrupta entre os sedimentos e o horizonte A. O horizonte Bw é caracterizado por estrutura em blocos subangulares de grau moderado a forte na AT40, e de estrutura maciça na AT30.

Nas trincheiras AT20 e AT10, foi identificada a ocorrência de um horizonte A/B, apresentando estrutura granular de grau moderado nessas trincheiras e também na AT5 o horizonte A é caracterizado por estrutura em blocos subangulares de grau moderado e o horizonte Bw por estrutura maciça.

Quanto à textura dos perfis observados, apesar de ter textura argilosa, predominantemente, as camadas apresentaram plasticidade e pegajosidade variadas, sugerindo diferenças no teor de argila desses horizontes. Nas trincheiras AT40 e AT30 o Bw foi classificado como argiloso, que os horizontes subseqüentes, nas trincheiras AT20, AT10 e AT4, o horizonte A foi o que apresentou a maior plasticidade e pegajosidade, esses dados são confirmados pelos teores de argila dispersa em solução de NaOH determinadas em laboratório (Anexo B).

## 4.2 TRANSEÇÃO EM SPD CULTIVADA COM SOJA - GOIATUBA, GO

### 4.2.1 Atributos físicos do solo

O Sistema Plantio Direto (SPD) destaca-se como um sistema efetivo para o controle das perdas de solo e água sob as condições climáticas das regiões tropicais e subtropicais, como no caso dos cerrados brasileiros. Porém, alguns impedimentos podem interferir no potencial produtivo das áreas que o utilizam a exemplo da compactação do solo por falta de revolvimento e a frequência de tráfego em áreas de lavoura e de animais em áreas de pastagem, promovendo, às vezes, uma alta impedância mecânica (Tormena & Roloff, 1996). Na Tabela 2, são descritos os dados do estudo, no sistema de plantio direto, a serem analisados.

Na classificação da Embrapa (1995), a classe textural do solo é franco-argilo-arenosa (Figura 4). Não se perceberam variações acentuadas nas frações argila e silte, porém há diferenças significativas, comparando os usos, na fração argila e areia, com aumento de mais ou menos 55% do teor de areia da área do SPD para a mata ciliar. Essa diferença pode ser explicada pelo fracionamento das areias onde se percebe nitidamente grande presença de areia fina encontrada na área da mata, justificando a diferença significativa dessa fração em relação aos usos (Tabela 2).

Pela análise estatística, observa-se que não há diferença significativa quanto às profundidades analisadas e, também quando se compara o uso com a profundidade ao longo da transeção. Apesar de as frações granulométricas serem pouco dependentes do uso do solo (Guimarães, 2000), as alterações encontradas concordam com Eguchi et al. (2002), em trabalho semelhante, em que se estudou a textura e a densidade de partículas do solo. O valor elevado de silte encontra-se tipicamente em Cambissolos (SiBCS, 2006), porém não foram encontradas variações significativas para os teores de silte nesse estudo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios dos atributos do solo nos diferentes usos e profundidades, comparações pelo teste F e coeficiente de variação (CV %) para o Cambissolo Háplico Tb Eutrófico cultivado com soja em sistema de plantio direto (SPD) e no remanescente florestal. Médias de cinco repetições no SPD e três repetições na mata.

Atributos	Usos		Profundidades na transeção - cm			Teste F			
	SPD	Mata	0-5	6-10	11-20	Usos	Prof	Usos x Prof	CV %
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	544,00	470,00	516,20	516,20	516,20	14,30*	0,01 ns	0,01 ns	9
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	346,00	360,00	351,30	351,30	351,30	1,05 ns	0,01 ns	0,01 ns	9
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	110,00	170,00	132,50	132,50	132,50	4,82*	0,01 ns	0,01 ns	49
AMG (g kg <sup>-1</sup> )	18,25	21,36	19,10	19,10	19,10	0,67 ns	0,01 ns	0,01 ns	47
AG (g kg <sup>-1</sup> )	21,03	29,84	24,40	24,40	24,40	1,69 ns	0,01 ns	0,01 ns	66
AM (g kg <sup>-1</sup> )	17,71	25,86	20,80	20,80	20,80	3,01 ns	0,01 ns	0,01 ns	54
AF (g kg <sup>-1</sup> )	24,53	44,82	32,10	32,10	32,10	13,62*	0,01 ns	0,01 ns	41
AMF (g kg <sup>-1</sup> )	28,49	48,13	35,90	35,90	35,90	3,80 ns	0,01 ns	0,01 ns	67
GF (g kg <sup>-1</sup> )	349,02	407,58	371,00	371,00	371,00	3,14 ns	0,01 ns	0,01 ns	21
Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,76	2,67	2,72	2,72	2,72	3,81 ns	0,01 ns	0,01 ns	4
VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,57	0,62	0,59	0,59	0,59	8,77*	0,03 ns	0,4 0ns	7
MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,16	0,18	0,16	0,18	0,17	1,29 ns	1,08 ns	1,00 ns	18
MI (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,41	0,45	0,43	0,41	0,42	5,45*	0,79 ns	1,34 ns	9
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,19	1,01	1,10	1,12	1,12	22,11*	0,02 ns	0,59 ns	8
U (kg kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,39	0,36	0,36	0,36	30,18*	0,01 ns	0,01 ns	6
Ko (mm h <sup>-1</sup> )	44,84	197,08	101,93	101,93	101,93	12,48*	0,01 ns	0,01 ns	100
Agreg ( %)	55,53	69,65	60,82	60,82	60,82	8,47*	0,01 ns	0,01 ns	19
DMG (mm)	1,76	2,18	1,91	1,91	1,91	6,88*	0,01 ns	0,01 ns	20
DMP (mm)	1,91	2,21	2,02	2,02	2,02	6,74*	0,01 ns	0,01 ns	14
RP (MPa)	2,26	1,36	1,92	1,88	1,97	15,51*	0,06 ns	0,04 ns	28
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,61	5,81	5,98	5,71	5,35	3,62 ns	13,93*	6,07*	4
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	52,18	65,50	70,07	59,46	42,00	12,27*	19,77*	1,07 ns	16
P (mg dm <sup>-3</sup> )	35,92	31,67	40,25	39,34	23,38	0,70 ns	4,75*	3,12 ns	35
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,46	6,49	8,36	6,86	2,32	1,48 ns	19,75*	0,02 ns	34
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	55,71	83,22	76,94	61,40	59,75	24,31*	4,11*	11,25*	20
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	18,13	16,59	20,52	17,88	14,27	0,92 ns	5,42*	0,88 ns	22
V (%)	68,93	77,48	76,67	67,21	72,52	11,51*	5,03*	5,42*	8

Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5%; ns = não significativo; Prof = Profundidade; AMG = Areia muito grossa; AG = Areia grossa; AM = Areia média; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; GF = Grau de floculação; Dp = Densidade de partículas; VTP = Volume total de poros; MA = Macroporosidade; MI = Microporosidade; Ds = Densidade do solo; u = Umidade gravimétrica; Ko = Condutividade hidráulica; Agreg = Agregados ≥ 2 mm; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; RP = Resistência do solo à penetração; pH = Potencial Hidrogeniônico; MOS = Matéria orgânica no solo; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; V = Saturação de base.

O Grau de floculação (GF) não apresentou diferença significativa entre as variáveis analisadas, porém, nota-se que a área da mata apresentou um GF 17% maior que a área com SPD, mostrando que na área de mata poderá haver uma melhor agregação do solo. Segundo Kiehl (1979) e Lange (2002), o GF é um atributo fortemente relacionado com o grau de estabilidade dos agregados do solo e sua resistência à erosão.

Em relação à densidade de partículas (Dp), não se observa diferença significativa em relação às variáveis analisadas, o que está de acordo como Brady (1989),

que relata que a  $D_p$  depende da natureza do material mineral predominante, apresentando pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de solo. O que chama a atenção são seus respectivos valores elevados ( $2,76 \text{ g cm}^{-3}$  no SPD e  $2,67 \text{ g cm}^{-3}$  na mata), estando acima do valor clássico usado na literatura de  $D_p = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ , utilizado em muitos trabalhos.

Observaram-se diferenças significativas no volume total de poros (VTP) entre os usos, porém, as interações entre VTP versus profundidades e usos versus profundidades não mostraram significância. Apesar de a relação MA/MI não ser a ideal (Kiehl, 1979), os valores de MA, tanto no SPD quanto na mata, estão na faixa considerada ideal (Baver et al., 1972; Kiehl, 1979).

Os valores da MA encontrados estão acima dos valores encontrados por Carvalho (2000), que verificou valor de  $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  no plantio direto para as profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm e Almeida (2001), que verificou valores de  $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para ambas as profundidades. Essa diferença pode ser justificada, em razão da média da MA nas profundidades, ter sido realizada ao longo da transeção, que se estende da área de SPD até a área da mata.

Em sistemas de preparo, como no plantio direto com baixo grau de mobilização, tem-se observado menor porosidade total e macroporosidade na camada superficial e maior em subsuperfície, quando comparadas com as do preparo convencional (Oliveira et al., 2004).

Os microporos (MI) representam cerca de 70% da porosidade total dessa área estudada, o que nos leva a afirmar, que a mesma possui um bom armazenamento de água disponível para as plantas (Ruiz, 2003). No entanto, apesar de a pouca diferença entre os valores da MI entre os usos, os mesmos possuem diferenças significativas.

A densidade do solo ( $D_s$ ) nas profundidades estudadas não representou diferenças significativas, mas com relação aos usos o valor médio da  $D_s$  encontrada na mata, quando comparada ao SPD, foi cerca de 15% menor. Os valores de  $D_s$  encontrados de  $1,19 \text{ g cm}^{-3}$  no SPD e de  $1,01 \text{ g cm}^{-3}$  na mata são considerados baixos, pois os valores restritivos para a infiltração de água e crescimento radicular das plantas relatado na literatura são da ordem  $1,25 \text{ g cm}^{-3}$  e  $1,35 \text{ g cm}^{-3}$  em Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso (Alvarenga et al., 1996) e  $1,27 \text{ g cm}^{-3}$  para solos argilosos (Medina, 1985; Corsini & Ferraud, 1999). O limite de  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  é aceito, de modo geral, para solos argilosos, sendo que os valores críticos aumentam com o decréscimo do teor de argila do solo (Arshad et al., 1996).

Para Torres & Saraiva (2001), que estudaram impedimentos mecânicos em sistemas agrícolas com soja, e para Oliveira et al. (2007), as Ds acima de  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  são limitantes ao melhor desenvolvimento das plantas. Fernandes et al. (1983) e Oliveira et al. (2003) relatam que a diminuição da Ds e a melhoria da estrutura na camada superficial dos solos sob plantio direto com o passar dos anos podem ser atribuídas, em parte, ao aumento de matéria orgânica no solo.

O aumento da densidade do solo em plantio direto foi observado por vários autores (Fernandes et al. 1983; Reinert, 1990; Silva & Mielniczuk, 1997; Stone & Silveira, 1999). Pode ser considerado como uma conseqüência natural da adoção do SPD, em especial nos solos com teores elevados de argila (Vieira, 1981; Corrêa, 1985). Essa tendência de aumento da densidade do solo, nos primeiros anos de plantio direto, deve-se ao arranjo natural que o solo tende a apresentar, quando deixa de sofrer manipulação mecânica.

A condutividade hidráulica ( $K_o$ ) determinada mostrou altos coeficientes de variação, concordando com valores encontrados por Housseini et al. (1993) e Assis & Lanças (2005). Nota-se uma grande variação da  $K_o$  ( $197,08 \text{ mm h}^{-1}$ ) na mata, que é cerca de cinco vezes maior que o valor obtido no SPD ( $44,84 \text{ mm h}^{-1}$ ). A razão dessa diferença da  $K_o$  pode ser atribuída ao maior teor de MOS e a macroporosidade também ligeiramente maior, e, possivelmente, à melhor continuidade de poros, não determinada no presente trabalho, quando comparada ao SPD.

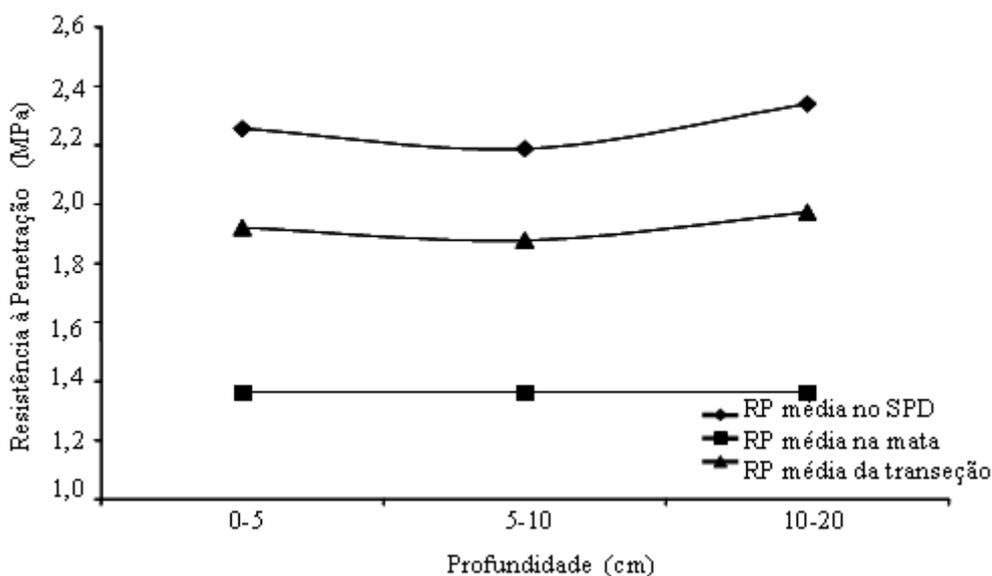
Pela análise de estabilidade de agregados, pode-se notar que houve uma menor agregação na área sob SPD em relação à mata para os agregados na classe maiores que 2 mm, mostrando a significância entre os usos. Kemper & Chepil (1965) mostraram que não só a estabilidade dos agregados é importante, mas também sua distribuição por tamanho, pois isso determina sua suscetibilidade ao movimento pela água (erosão), bem como as dimensões do espaço poroso nos solos cultivados.

A adoção de sistemas de culturas e manejos que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para manutenção da sua boa estrutura (Lal & Greenland, 1979). Eltz et al. (1989) observaram que o plantio direto proporcionou maior tamanho de agregados estáveis, quando comparado com o sistema convencional de preparo de solo, possivelmente devido à não destruição mecânica dos agregados pelos implementos de preparo do solo, e à proteção que a palha oferece à superfície do solo.

O diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), também apresentaram diferença significativa entre os usos do solo, apresentando valores respectivos de cerca de 24% e 16% maiores na mata em comparação com SPD.

Castro Filho et al. (1998), após quatorze anos de manejo de solo classificado como Latossolo Roxo, concluíram que o SPD, pelo acúmulo de resíduos vegetais na superfície, melhorou o estado de agregação, sobretudo na camada 0-10 cm, onde os valores de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados foram significativamente superiores no SPD em relação ao SPC.

A resistência à penetração (RP) variou de 1,88 MPa a 1,97 MPa, ao longo das profundidades estudadas, estando dentro da faixa baixa de acordo com Arshad et al. (1996). Apesar de não haver diferença estatística entre as profundidades estudadas, a camada de 10-20 cm apresentou RP aproximadamente 5% maior que a camada de 5-10 cm; sendo considerada a camada de maior impedimento na área estudada (Figura 6).



**Figura 6.** Valores de resistência à penetração mecânica para o Cambissolo Háplico Tb Eutrófico cultivado em sistema de plantio direto. A Resistência à penetração mecânica, avaliada com penetrômetro de impacto, com umidade do solo de  $0,34 \text{ kg kg}^{-1}$  no SPD e  $0,39 \text{ kg kg}^{-1}$  na mata.

Em comparação com os usos foram encontradas RP de 2,26 MPa no SPD e 1,36 MPa na mata, mostrando uma diferença de mais de 60% entre ambos; nota se também, que a RP na mata está dentro da faixa considerada ideal (Tormena & Roloff, 1996 e Silva et al., 1997) e que para o SPD a resistência encontrada poderá ser restritiva para muitas culturas. Segundo Rosolem et al. (1999), a RP de 1,3 MPa reduzem à metade o

crescimento de raízes seminais adventícia na cultura do milho. Essa RP, segundo Arshad et al. (1996), está dentro da faixa moderada, o que exigirá maior atenção para as demais práticas a serem aplicadas. Também, devido essas grandes variações, foi encontrada significância entre os usos.

Stolf et al. (1983) relatam que valores de resistência à penetração na ordem de 5,0 MPa são admitidos em plantio direto, pois as raízes crescem por canais contínuos deixados pela fauna do solo e pelo sistema radicular decomposto. Neste sentido, é de suma importância o monitoramento periódico das áreas de plantio direto para constatação de aumentos na resistência à penetração que possam impedir o desenvolvimento radicular das culturas.

#### **4.2.2 Atributos químicos do solo**

Os valores de pH variaram de 5,61 no SPD a 5,81 na mata, caracterizando uma acidez boa em comparação com a CFSG (1988) e CFSEMG (1999). Em geral, os valores de pH não tiveram grandes variações quando se compararam os usos do solo; porém, analisando as profundidades e a interação de usos versus profundidades, encontraram-se diferenças significativas.

Os valores médios de cálcio (Ca) de 55,71 mmolc dm<sup>-3</sup> no SPD e 83,22 mmolc dm<sup>-3</sup> na mata estão altos, segundo CFSG (1988) e CFSEMG (1999); também foi observada uma elevação de cerca de 50% no teor de Ca da mata para o SPD e também, que esse elevado teor encontra-se principalmente nas camadas de 0-5 cm do solo, justificando a significância em todos os parâmetros analisados (Tabela 2).

Os teores de magnésio (Mg) de 18,13 mmolc dm<sup>-3</sup> no SPD e de 16,59 mmolc dm<sup>-3</sup> na mata foram considerados altos (CFSG, 1988 e CFSEMG, 1999), porém, sem variação significativa entre os dois usos do solo. No entanto, devido à alta concentração de Mg na camada de 0-5 cm, e às variações entre as mesmas, encontrou-se diferença significativa entre profundidades (Tabela 2). Sá (1993) e Alcântara et al. (2000) observaram acúmulo superficial de Ca e Mg no solo no SPD por causa da aplicação de calcário na superfície e o não revolvimento do solo.

Os teores de Potássio (K) de 5,46 mmolc dm<sup>-3</sup> no SPD e de 6,49 mmolc dm<sup>-3</sup> na mata foram considerados altos (Malavolta, 1987; CFSG, 1988; CFSEMG, 1999). Encontraram-se diferenças significativas apenas em relação às profundidades analisadas devido à alta concentração de K na camada de 0-5 cm, e também às grandes variações

entre as mesmas. Alcântara et al. (2000), estudando em Latossolo Vermelho escuro distrófico textura argilosa, relataram que na camada até 10 cm pode ocorrer até duas vezes mais K que em profundidades acima de 20 cm. De forma semelhante, Muzilli (1983) e Sidiras & Pavan (1985) relataram que os teores de K trocável no solo decrescem com a profundidade, independente do sistema de manejo, provavelmente devido à aplicação superficial do fertilizante, resultando na concentração localizada do nutriente.

Os teores médios de fósforo (P) de 35,92 mg dm<sup>-3</sup> encontrados no SPD e de 31,67 mg dm<sup>-3</sup> na mata são considerados altos (Malavolta, 1987; CFSG, 1988; CFSEMG, 1999). As diferenças significativas encontradas apenas entre as profundidades, são justificadas por causa da aplicação superficial na camada de 0-20 cm e da baixa mobilidade do P no solo (Machado et al., 2007). Em áreas com até 15 anos sob SPD, observou-se que a camada de 0-10 cm continha elevada concentração de P e cerca de 88% do total do P disponível foi observado na camada de 0 cm a 30 cm do solo (Sá, 1999). Segundo Muzilli (1983) e Eltz et al. (1989), este decréscimo no teor de P em profundidade é devido ao não revolvimento do solo no sistema plantio direto e a sua baixa mobilidade ao longo do perfil, acordando com resultados encontrados por (Gomes et al., 2002; Silva et al., 2002), em trabalhos sobre o P sob sistema plantio direto.

O teor de matéria orgânica no solo (MOS) variou de 52,18 g dm<sup>-3</sup> no SPD e 65,50 g dm<sup>-3</sup> na mata, estes valores são considerados altos (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999). Para a maioria das culturas se desenvolverem no sistema plantio direto sem problemas de fertilidade do solo, é necessário que o perfil mais intensamente explorado pelas raízes contenha mais de 20 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica (Balbino et al., 1996).

Notou-se também que o teor de MO na mata é cerca de 25% maior em relação ao SPD, justificando a significância entre os usos do solo. Também há diferença significativa entre as profundidades estudadas, sendo encontrados valores maiores nas profundidades de 0-5 cm (Tabela 2), essa elevação pode ser devido à presença de restos culturais nas camadas superficiais do solo.

Os valores da saturação por bases (V%) tanto no SPD quanto na mata são considerados altos, segundo CFSG (1988) e CFSEMG (1999). Contudo, o valor de V na área da mata é aproximadamente 13% maior em comparação com o SPD, justificando a significância em todas as variáveis analisadas. O alto valor da V é devido ao elevado valor dos cátions básicos encontrados na área de estudo.

### **4.2.3 Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos**

As descrições morfológicas completas das trincheiras observadas dentro da área de mata ciliar são apresentadas no Anexo A, e as análises de fertilidade e granulométrica de cada camada diferenciável morfológicamente, são apresentadas no Anexo C.

Na área de mata ciliar foram feitas observações morfológicas de duas trincheiras (ST21 e ST14) localizadas respectivamente, a 4 m e 14 m do início da mata ciliar, sendo evidenciado a deposição de sedimentos nos dois locais. Não foi possível a descrição morfológica de uma terceira trincheira (ST5) aberta a 21 m do início da mata ciliar, devido ao afloramento do lençol freático, porém observando da área, foi possível constatar que uma camada de sedimentos se estendia por toda a largura da mata, atingindo parte da área da vereda à jusante.

Na primeira trincheira (ST21) observou-se a ocorrência de uma camada de sedimentos com espessura de 12 cm. Essa camada apresenta cor mais clara que o horizonte A e a estrutura granular muito pequena, sem a formação de torrão. O horizonte A caracteriza-se pela estrutura em blocos subangulares, pequena, com a formação de macroestrutura firme; o horizonte B com 13 cm de espessura foi diagnosticado como horizonte B incipiente, principalmente pela presença de saprólitos de rocha, sendo identificado ainda um horizonte C, composto de alterita de rocha, abaixo desse horizonte foi possível observar a rocha mãe inalterada. Na segunda trincheira (ST14), foi possível observar a ocorrência de duas camadas de sedimentos com espessura de 5 cm cada, distintas entre si pelo fato que a segunda camada apresenta estrutura granular mais desenvolvida e uma pequena diferença de cor enquanto seco. Nessa trincheira o horizonte A apresenta as mesmas características do que na primeira trincheira, apenas com a estrutura um pouco maior e o horizonte Bi apresenta textura mais fina, nessa trincheira também foi diagnosticada a presença do horizonte C e da rocha mãe.

## **4.3 TRANSEÇÕES CULTIVADA COM PASTAGEM - JANDAIA, GO**

### **4.3.1 Primeira transeção na área cultivada com pastagem**

#### **4.3.1.1 Atributos físicos do solo**

De acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1984) o coeficiente de variação (CV) é dito como baixo (<10%), médio (10 - 20%), alto (20 - 30%)

e muito alto (>30%). A maioria dos atributos físicos dos solos estudados (Tabela 3) apresentou coeficiente de variação (CV) médio, segundo Pimentel-Gomes (1984), com exceção da condutividade hidráulica saturada ( $K_0$ ), com CV de 303%. Esse valor é considerado muito alto de acordo com as faixas de variabilidade propostas.

**Tabela 3.** Valores médios dos atributos do solo nos diferentes usos e profundidades, comparações pelo teste F e coeficiente de variação (CV %) para o Cambissolo Háplico Eutrófico cultivado com pastagem de braquiária e no remanescente florestal. Médias de seis repetições no pasto e três repetições na mata.

Atributos	Usos		Profundidades na transeção - cm			Teste F			
	Pasto	Mata	0-5	6-10	11-20	Usos	Prof	Usos x Prof	C.V %
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	378,33	346,67	367,80	367,80	367,80	1,80 ns	0,01 ns	0,01 ns	16
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	168,34	176,66	171,10	171,10	171,10	0,42 ns	0,01 ns	0,01 ns	18
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	453,33	476,67	461,10	461,10	461,10	1,24 ns	0,01 ns	0,01 ns	11
AMG (g kg <sup>-1</sup> )	10,79	9,72	10,40	10,40	10,40	8,46*	0,01 ns	0,01 ns	8
AG (g kg <sup>-1</sup> )	14,84	18,19	16,00	16,00	16,00	10,73*	0,01 ns	0,01 ns	16
AM (g kg <sup>-1</sup> )	19,27	27,69	22,10	22,10	22,10	30,05*	0,01 ns	0,01 ns	17
AF (g kg <sup>-1</sup> )	253,15	258,51	254,90	254,90	254,90	0,1 ns	0,01 ns	0,01 ns	16
AMF (g kg <sup>-1</sup> )	155,27	162,55	157,70	157,70	157,70	1,10 ns	0,01 ns	0,01 ns	11
GF (g kg <sup>-1</sup> )	522,43	452,15	499,00	499,00	499,00	4,59*	0,01 ns	0,01 ns	16
Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,49	2,44	2,53	2,44	2,44	0,55 ns	1,10 ns	0,07 ns	6
VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,46	0,49	0,48	0,46	0,46	2,23 ns	0,52 ns	1,17 ns	9
MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,01 ns	0,02 ns	0,13 ns	24
MI (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,27	0,30	0,29	0,27	0,27	8,15*	1,69 ns	1,46 ns	10
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,34	1,24	1,31	1,31	1,31	16,98*	0,01 ns	2,72 ns	5
U (kg kg <sup>-1</sup> )	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,03 ns	0,01 ns	0,01 ns	9
Ko (mm h <sup>-1</sup> )	34,51	9,86	7,20	45,38	26,29	0,57 *	0,52 ns	0,25 ns	303
Agreg (%)	85,16	74,43	81,54	81,54	81,54	35,20*	0,01 ns	0,01 ns	5
DMG (mm)	2,73	2,35	2,61	2,61	2,61	30,32*	0,01 ns	0,01 ns	7
DMP (mm)	2,58	2,32	2,50	2,50	2,50	33,71*	0,01 ns	0,01 ns	5
RP (MPa)	2,42	1,15	1,79	1,99	2,21	5,95*	0,24 ns	0,06 ns	64
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,92	5,17	4,89	4,90	5,22	35,85*	32,26*	0,80 ns	2
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	27,78	31,44	28,44	26,44	32,11	1,55 ns	1,43 ns	0,72 ns	25
P (mg dm <sup>-3</sup> )	5,78	6,78	4,56	3,67	10,11	0,21 ns	3,81*	1,26 ns	88
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,85	2,16	1,96	1,89	2,01	4,62*	0,24 ns	0,03 ns	18
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	34,78	48,11	36,89	36,78	44,00	9,89*	1,43 ns	12,74 ns	26
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,94	15,44	14,44	12,56	8,33	13,78*	6,69*	0,47 ns	31
V (%)	60,19	71,48	65,90	64,69	61,27	16,82*	1,14 ns	3,12 ns	11

Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5%; ns = não significativo; Prof = Profundidade; AMG = Areia muito grossa; AG = Areia grossa; AM = Areia média; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; GF = Grau de floclulação; Dp = Densidade de partículas; VTP = Volume total de poros; MA = Macroporosidade; MI = Microporosidade; Ds = Densidade do solo; u = Umidade gravimétrica; Ko = Condutividade hidráulica; Agreg = Agregados  $\geq 2$  mm; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; RP = Resistência do solo à penetração; pH = Potencial Hidrogeniônico; MOS = Matéria orgânica no solo; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; V = Saturação de base.

O alto coeficiente de variação pode estar relacionado à diferença significativa ( $p > F = 0,001$ ) da  $K_0$  do solo sob o pasto, com  $K_0 = 4,51 \text{ mm h}^{-1}$  em relação à área de mata,

com  $K_o = 9,86 \text{ mm h}^{-1}$ , mostrando maior permeabilidade do solo sob o pasto e também melhor qualidade estrutural, conforme mostram os índices de estabilidade dos agregados do solo (Tabela 3).

Na classificação da Embrapa (1995) a classe textural dos solos estudados é franco-argilo-arenosa (Figura 4). Não há variação entre as frações de argila e silte e nem se constatou diferenças significativas na granulometria nas profundidades analisadas e quando se comparam os usos com as profundidades ao longo da transeção (Tabela 3).

Na separação das areias vê-se que as frações areia fina (AF) e areia muito fina (AMF) representam, respectivamente, 56% e 34% de toda areia presente na área, porém, sem diferenças significativas entre as frações de areia analisadas. No entanto, para as demais frações de areia há significância quanto aos usos do solo. Segundo Guimarães (2000), a granulometria é pouco dependente do uso e manejo do solo, considerando esse atributo como fixo e as variações resultantes dos processos pedogenéticos de formação do solo.

Spera et al. (1998) citam que em solos arenosos, é preferível o cultivo de lavouras anuais em áreas onde os teores da fração areia fina predominem sobre a fração areia grossa, pois nestas condições a capacidade de retenção de água é maior. Isto foi observado nas condições deste trabalho, já que a fração areia fina predominou sobre a fração frações maiores.

O grau de floculação (GF) é um atributo que permite interpretações quanto ao grau de estabilidade dos agregados do solo e sua resistência à erosão (Kiehl, 1979; Lange, 2002). Verificou-se neste estudo que a área com pastagem possui valor do GF ao redor de 15% maior que a área com pastagem, dando a entender que esta possui melhor agregação do solo, justificando a significância entre os usos.

Os valores de densidades de partículas do solo ( $D_p$ ) não mostraram diferença significativa em relação às variáveis analisadas, já que esta depende da natureza do material mineral predominante, apresentando pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de solo. Os valores encontrados estão um pouco abaixo do valor clássico encontrado na literatura ( $D_p = 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ ) usado em muitos trabalhos. Para Kiehl (1979), Brady (1989) e Ferreira (1993), o maior teor de matéria orgânica do solo (MOS) nos horizontes superficiais, contribui para redução da densidade de partículas em decorrência do menor peso da MOS.

Com relação ao volume total de poros (VTP) não se observou diferença

significativa entre as variáveis analisadas. No entanto os valores encontrados, tanto na pastagem quanto na mata estão abaixo do valor ideal. Camargo & Alleoni (1997) relatam que um solo ideal deve apresentar 50% de volume total de poros, na capacidade de campo, sendo 33% ocupado por água e 17% ocupado por ar. Vários autores têm mostrado que em áreas que sofreram ação antrópica com alteração da estrutura original ocorre redução da porosidade total do solo com conseqüências desfavoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas na camada superficial (Machado, 1976; Vieira, 1985; Stone & Silveira, 2001).

Segundo Kiehl (1979), o solo ideal é aquele que contém 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos, estabelecendo uma relação igual a 0,50 garantindo suficiente aeração, permeabilidade e capacidade de retenção de água. Considerando essa relação, observam-se nesse estudo os valores de 0,70 para a pastagem e 0,65 para a mata, levando a afirmar que estão em proporções adequadas.

O valor da macroporosidade (MA) de  $0,19 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na pastagem e na mata encontra-se acima da faixa considerada ideal, de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  a  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , segundo Baver et al. (1972) e Kiehl (1979), proporcionando condições satisfatórias ao desenvolvimento das plantas; não houve diferença estatística dos valores de MA entre os usos, assim como entre as profundidades, evidenciando que o manejo não proporcionou alteração estrutural ao solo. Quanto a microporosidade (MI), a área da mata apresentou valores maiores que na pastagem, justificando a significância entre os usos do solo.

Os valores médios de densidade do solo (Ds) encontrados, de  $1,34 \text{ kg dm}^{-3}$  na pastagem e de  $1,24 \text{ kg dm}^{-3}$  na mata, apresentam diferenças significativas quanto ao uso do solo; no entanto, apenas o valor encontrado na pastagem esta dentro da faixa considerada restritiva para a infiltração de água e crescimento radicular das plantas, relatado na literatura como sendo da ordem  $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $1,35 \text{ kg dm}^{-3}$  em Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso (Alvarenga et al., 1996) e  $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$  para solos argilosos (Medina, 1985; Corsini & Ferraud, 1999). O limite de  $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$  é aceito, de modo geral, para solos argilosos, sendo que os valores críticos aumentam com o decréscimo do teor de argila do solo (Arshad et al., 1996).

Os valores observados para a densidade do solo não são considerados críticos ao desenvolvimento radicular das plantas, que é de  $1,75 \text{ kg dm}^{-3}$  para solos arenosos (Corsini & Ferraud, 1999). Para Broch (2000) e Stone & Silveira (2001), o manejo da pastagem realizado de maneira correta, com pressão de pastejo adequada; o aumento da Ds

é temporário, pois após a morte e a decomposição do sistema radicular das forrageiras, vários canálculos são formados, havendo um aumento da aeração, da matéria orgânica e da agregação do solo com o conseqüente aumento da infiltração de água no solo.

Para Figueiredo et al. (2009), o pisoteio animal e os cultivos intensivos nas camadas de 0-10 cm tendem a aumentar a  $D_s$ , o que poderá comprometer a porosidade do solo, diminuir a infiltração e a redistribuição de água no solo e, conseqüentemente aumentar a compactação.

A umidade gravimétrica do solo ( $U$ ) não apresentou significância entre as variáveis analisadas. O teor de umidade do solo no momento das coletas de amostras é essencial, pois a mesma interfere nos dados e poderá mascarar as interpretações dos resultados de outras propriedades que possuem relação com a mesma.

A condutividade hidráulica ( $K_o$ ) sofre influência da porosidade, da matéria orgânica e da estrutura do solo (Cadina et al. 1980; Jabro, 1992). Os valores médios de  $K_o$  encontrados neste trabalho mostraram diferenças significativas quanto aos usos; sendo que a  $K_o$  da pastagem apresentou 3,5 vezes maior que na área da mata.

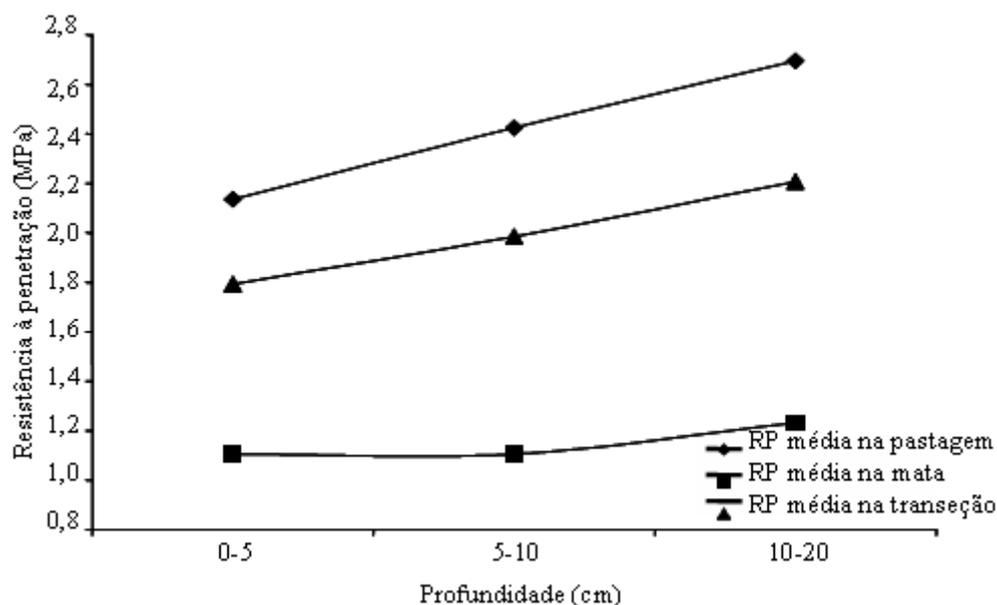
A análise de agregados (Tabela 3) indica que há diferenças na agregação do solo na pastagem em relação à mata, como mostram os agregados maiores que 2 mm, DMP e DMG que são maiores na área da pastagem. Essa diferença pode ser explicada, principalmente, pelo sistema radicular das gramíneas, que tendem a dar uma melhor agregação ao solo. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre as profundidades analisadas. Para Cunha (2005), os sistemas associados à braquiária ou com mais gramíneas nas rotações favorecem a agregação do solo, devido à tendência do aumento no teor de matéria orgânica.

Conforme Tisdall & Oades (1982), provavelmente os agregados maiores sejam mantidos estáveis por moléculas orgânicas transitórias, hifas de fungos, mucilagens e raízes; tais agentes são destruídos pelo cultivo e os agregados maiores, rompidos em unidades menores. Segundo Castro Filho et al. (1998), o tamanho dos agregados do solo e o estado de agregação podem ser influenciados por diferentes processos de manejo e práticas culturais, que alteram o teor de matéria orgânica e a atividade biológica do solo.

A resistência à penetração (RP) de 2,42 MPa encontrada na área de pastagem está acima do valor considerado limitante ao desenvolvimento das plantas (Taylor et al., 1966; Nesmith 1987), e dentro de uma faixa moderada segundo Arshad et al. (1996). No entanto, a RP de 1,15 MPa encontrada na área da mata, é considerada baixa (Arshad et al.,

1996). Essas diferenças encontradas justificam a significância encontrada entre os usos do solo.

Tendo em vista que os testes de penetrometria foram realizados com o solo em umidades praticamente iguais, ao longo do perfil de solo analisado (Tabela 3), pode se inferir, que a maior RP encontrada ao longo da transeção foi na profundidade de 10-20 cm que pode ser explicada devido à presença de pedras encontradas em profundidade e também à pressão de pastejo dos animais (Figura 7).



**Figura 7.** Valores de resistência à penetração mecânica para o Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com pastagem de braquiária – Transeção 1 do pasto. Resistência à penetração mecânica, avaliada com penetrômetro de impacto, com umidade do solo de  $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$  no pasto e  $0,26 \text{ kg kg}^{-1}$  na mata.

Para Magalhães et al. (2001), que estudaram a RP em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com pastagem, a época da amostragem é essencial, pois na época da seca a resistência é cerca de três vezes superior àquela encontrada na época das chuvas. Por essa razão, para interpretação correta de dados de resistência à penetração é essencial que sejam referenciados com os teores de umidade no momento das determinações.

#### 4.3.1.2 Atributos químicos do solo

Os valores de pH variaram de 5,17 na mata a 4,92 no pasto, caracterizando uma acidez baixa em comparação com a CFSEMG (1999) e em relação a CFSG (1988) uma acidez mais elevada, sendo significativo tanto em comparação ao uso do solo quanto à profundidade.

Os valores médios de cálcio (Ca) de  $34,78 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no pasto foram considerados alto (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999), enquanto que na mata o valor de  $48,11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  foi considerado muito alto pelas mesmas comissões. As diferenças justificam a significância entre os usos do solo (Tabela 3). Os teores de magnésio (Mg) de  $9,94 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no pasto foram considerados altos (CFSEMG, 1999) e muito altos (CFSG, 1988); na mata o valor de  $15,44 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  foi considerado muito alto pelas mesmas comissões, apresentando significância tanto em relação aos usos do solo quanto às profundidades analisadas.

Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg nas folhas e que em valores acima de  $3,50 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no solo ocorre queda na produtividade. Os valores de potássio (K) encontrados tanto no pasto quanto na mata são considerados altos (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999); sendo que o teor de K encontrado na mata foi cerca de 15% maior que no pasto, justificando a significância entre os usos do solo (Tabela 3).

O teor médio de fósforo (P) de  $5,78 \text{ mg dm}^{-3}$  encontrados no pasto e  $6,78 \text{ mg dm}^{-3}$  obtido na mata são considerados baixos em relação à CFSG (1988) e CFSEMG (1999); os maiores valores de P foram encontrados nas profundidades de 10-20 cm, comprovando a diferença significativa encontradas entre as profundidades analisadas. Segundo Machado et al. (2007), o P apresenta baixa mobilidade no perfil do solo, com isso, pode se entender que esse alto valor do P encontrado na profundidade de 10-20 cm poderá ser causado pelo desprendimento de partículas ao longo da transeção, causando o deslocamento de nutrientes para a mata ciliar, com grandes chances de estes nutrientes alcançarem o leito do rio.

Os teores de matéria orgânica no solo (MO) variaram de  $27,78 \text{ g dm}^{-3}$  no pasto e  $31,44 \text{ g dm}^{-3}$  na mata, estes valores se enquadram na faixa considerada ideal (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999), não tendo sido encontradas diferenças significativas nas variáveis analisadas. Para Scopel et al. (2005), os solos do cerrado tendem a apresentar baixos teores de matéria orgânica; por isso, Primavesi (1989) e Luchese et al. (2004) recomendam a adoção de práticas de manejo para aumentar a MOS.

Os valores da saturação por bases (V), tanto no pasto quanto na mata são considerados altos (CFSG, 1988; FSEMG, 1999). Contudo, o valor encontrado na mata é cerca de 15% maior que na área do pasto, confirmando a significância encontrada entre os usos do solo (Tabela 3).

### 4.3.2 Segunda transeção na área cultivada com pastagem

#### 4.3.2.1 Atributos físicos do solo

A maioria dos atributos físicos dos solos estudados (Tabela 4) apresentou coeficiente de variação (CV) baixo, com exceção da condutividade hidráulica saturada ( $K_o$ ), com CV de 63%. Esse valor é considerado muito alto de acordo com as faixas de variabilidade propostas por Pimentel-Gomes (1984). Tal fato pode estar relacionado à diferença significativa ( $p > F = 0,001$ ) da  $K_o$  do solo sob o pasto, com  $K_o = 17,53 \text{ mm h}^{-1}$  em relação à área de mata, com  $K_o = 14,69 \text{ mm h}^{-1}$ , mostrando uma maior permeabilidade do solo sob o pasto e também melhor qualidade estrutural, conforme mostram os índices de estabilidade dos agregados do solo (Tabela 4).

Na classificação da Embrapa (1995), a classe textural dos solos é franco-argilo-arenosa (Figura 4). Não se constataram variações acentuadas entre as frações de argila e silte, sem diferença significativa na granulometria nas profundidades estudadas e quando se comparam os usos versus profundidades ao longo da transeção (Tabela 4).

Na separação das areias constatou-se que a fração areia fina (AF) representa 56% da quantidade de areia total encontrada no pasto e 54% na mata, no entanto, não houve significância entre os usos, para AMG e AF; para as demais frações de areia, devido à grande variação entre os usos, foram encontradas diferenças significativas. Guimarães (2000) comenta que, a granulometria é pouco dependente do uso e manejo do solo, considerando-a como um atributo fixo e a variação resultante dos processos pedogenéticos de formação do solo.

Spera et al. (1998) citam que, em solos arenosos, é preferível o cultivo de lavouras anuais em áreas onde os teores da fração areia fina predominem sobre a fração areia grossa, pois nestas condições a capacidade de retenção de água é maior. Isto foi observado nas condições deste trabalho, já que a fração areia fina predominou sobre a fração maior (areia grossa).

O grau de flocculação (GF) é um parâmetro que permite interpretações quanto ao grau de estabilidade dos agregados do solo e sua resistência à erosão (Kiehl, 1979; Lange, 2002). Verifica-se neste estudo que não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis analisadas.

**Tabela 4.** Valores médios dos atributos do solo nos diferentes usos e profundidades, comparações pelo teste F e coeficiente de variação (CV %) para o Cambissolo Háplico Eutrófico cultivado com pastagem de braquiária e no remanescente florestal. Médias de cinco repetições no pasto e duas repetições na mata.

Atributos	Usos		Profundidades na transeção - cm			Teste F			
	Pasto	Mata	0-5	6-10	11-20	Usos	Prof	Usos x Prof	CV %
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	338,00	350,00	341,40	341,40	341,40	1,07 ns	0,01 ns	0,01 ns	7
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	182,00	175,00	180,00	180,00	180,00	1,13 ns	0,01 ns	0,01 ns	8
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	480,00	475,00	478,60	478,60	478,60	0,26 ns	0,01 ns	0,01 ns	4
AMG (g kg <sup>-1</sup> )	9,68	9,15	9,50	9,50	9,50	0,30 ns	0,01 ns	0,01 ns	21
AG (g kg <sup>-1</sup> )	17,04	21,66	18,40	18,40	18,40	7,18*	0,01 ns	0,01 ns	20
AM (g kg <sup>-1</sup> )	29,38	43,24	33,30	33,30	33,30	27,00*	0,01 ns	0,01 ns	17
AF (g kg <sup>-1</sup> )	262,13	255,48	260,20	260,20	260,20	2,06 ns	0,01 ns	0,01 ns	4
AMF (g kg <sup>-1</sup> )	161,78	145,46	157,10	157,10	157,10	6,53*	0,01 ns	0,01 ns	8
GF (g kg <sup>-1</sup> )	519,55	492,60	511,90	511,90	511,90	0,41 ns	0,01 ns	0,01 ns	17
Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,49	2,59	2,51	2,53	2,53	1,37 ns	0,03 ns	0,01 ns	6
VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,48	0,50	0,49	0,48	0,48	1,35 ns	0,15 ns	0,08 ns	9
MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,21	0,24	0,22	0,21	0,21	10,10*	0,10 ns	0,04 ns	10
MI (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,27	0,26	0,27	0,26	0,26	0,10 ns	0,06 ns	0,15 ns	17
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,30	1,28	1,27	1,31	1,31	0,2 ns	0,46 ns	0,02 ns	6
U (kg kg <sup>-1</sup> )	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,49 ns	0,01 ns	0,01 ns	8
Ko (mm h <sup>-1</sup> )	17,53	14,69	15,24	18,19	16,71	0,32 ns	0,14 ns	0,24 ns	63
Agreg ( %)	84,70	75,43	82,05	82,05	82,05	7,61*	0,01 ns	0,01 ns	8
DMG (mm)	2,71	2,34	2,60	2,60	2,60	7,74*	0,01 ns	0,01 ns	10
DMP (mm)	2,57	2,34	2,51	2,51	2,51	6,85*	0,01 ns	0,01 ns	7
RP (MPa)	2,69	1,32	1,81	2,16	2,93	8,18*	2,35 ns	1,04 ns	43
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,06	5,00	5,06	5,04	5,03	3,40 ns	0,32 ns	16,01*	1
MOS (g dm <sup>-3</sup> )	32,00	31,83	33,00	26,43	36,43	0,01 ns	2,67 ns	0,10 ns	26
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6,40	8,17	7,57	5,29	7,86	2,53 ns	2,63 ns	0,50 ns	33
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,80	2,05	1,83	1,78	1,99	4,45*	1,37 ns	0,01 ns	13
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	47,53	36,00	39,57	40,14	53,00	10,04*	7,11*	1,01 ns	17
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	12,93	17,67	15,00	14,29	13,57	9,27*	0,34 ns	0,86 ns	23
V (%)	65,82	63,88	66,57	65,73	63,51	0,63 ns	0,67 ns	1,38 ns	8

Teste F. Nível de significância do teste F: \* = significativo a 5%; ns = não significativo; Prof = Profundidade; AMG = Areia muito grossa; AG = Areia grossa; AM = Areia média; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; GF = Grau de floclulação; Dp = Densidade de partículas; VTP = Volume total de poros; MA = Macroporosidade; MI = Microporosidade; Ds = Densidade do solo; u = Umidade gravimétrica; Ko = Condutividade hidráulica; Agreg = Agregados ≥ 2 mm; DMG = Diâmetro médio geométrico; DMP = Diâmetro médio ponderado; RP = Resistência do solo à penetração; pH = Potencial Hidrogeniônico; MOS = Matéria orgânica no solo; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; V = Saturação de base.

Os valores de densidades de partículas do solo (Dp) não mostraram diferença significativa em relação às variáveis analisadas, concordando com Brady (1989), que afirma que a Dp depende da natureza do material mineral predominante, apresentando pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de solo. Os valores encontrados de 2,49 g cm<sup>-3</sup> no pasto e 2,59 na mata estão um pouco abaixo do valor clássico encontrado na literatura (Dp = 2,65 g cm<sup>-3</sup>); porém, para Kiehl (1979), Brady (1989) e Ferreira (1993), o

maior teor de matéria orgânica do solo (MOS) nos horizontes superficiais, contribui para redução da densidade de partículas em decorrência do menor peso da MOS.

Com relação ao volume total de poros (VTP) não se observou diferença significativa entre as variáveis analisadas. No entanto, o valor encontrado na pastagem pode estar abaixo do valor ideal. Camargo & Alleoni (1997) relatam que um solo ideal deve apresentar 50% de volume total de poros, na capacidade de campo, sendo 33% ocupado pela água e 17% ocupado pelo ar. Vários autores têm mostrado que em áreas que sofreram ação antrópica com alteração da estrutura original ocorre redução da porosidade total do solo com conseqüências desfavoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas na camada superficial (Machado, 1976; Vieira, 1985; Stone & Silveira, 2001).

De acordo com Kiehl (1979), um solo em condições ideais deve apresentar 1/3 do volume total de poros formado por macroporos e os 2/3 restantes por microporos, estabelecendo uma relação MA/MI igual a 0,50; observa-se nesse estudo relação de 0,78 para a pastagem e 0,92 na mata, levando a afirmar que estão em proporções adequadas; porém essas relações muito elevadas podem comprometer o armazenamento de água nesta área, tendo em vista que os microporos são os responsáveis por esse armazenamento de água no solo.

Os valores da macroporosidade (MA) de 0,21 na pastagem e de 0,24  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  na mata encontram-se acima da faixa considerada ideal, de 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  a 0,16  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , segundo Baver et al. (1972) e Kiehl (1979), apresentando significância quanto ao uso; já a microporosidade (MI) não apresentou significância em nenhuma variável analisada.

Os valores médios de densidade do solo (Ds) encontrados de 1,30  $\text{kg dm}^{-3}$  na pastagem e de 1,28  $\text{kg dm}^{-3}$  na mata não apresentaram diferenças significativas quanto às variáveis analisadas do solo; os mesmos não são considerados críticos ao desenvolvimento radicular das plantas, que é de 1,75  $\text{kg dm}^{-3}$  para solos arenosos (Corsini & Ferraud, 1999) e também estão abaixo de 1,40  $\text{kg dm}^{-3}$  que é tido como limite crítico para solos argilosos, sendo que os valores críticos aumentam com o decréscimo do teor de argila do solo (Arshad et al., 1996).

Para Figueiredo et al. (2009), o pisoteio animal e os cultivos intensivos nas camadas de 0-10 cm tendem a aumentar a Ds o que poderá comprometer a porosidade do solo, diminuir a infiltração e a redistribuição de água no solo e, conseqüentemente aumentar a compactação. Segundo Broch (2000) e Stone & Silveira (2001), o manejo da pastagem realizado de maneira correta, com pressão de pastejo adequada, o aumento da Ds

é temporário, pois, após a morte e a decomposição do sistema radicular das forrageiras, vários canalículos são formados havendo aumento na aeração, matéria orgânica e agregação do solo, e conseqüente aumento da infiltração de água no solo.

A umidade gravimétrica do solo (U), não apresentou significância entre as variáveis analisadas. O teor de umidade do solo no momento das coletas de amostras é essencial, pois a mesma interfere nos dados e poderá mascarar as interpretações dos resultados de outras propriedades que possuem relação com a mesma.

A condutividade hidráulica (Ko) sofre influência da porosidade, da matéria orgânica e da estrutura do solo (Cadina et al., 1980; Jabro, 1992). Os valores médios de Ko encontrados neste trabalho não mostraram diferença significativa quanto às variáveis analisadas.

A análise de agregados (Tabela 4) indica que há diferenças na agregação do solo na pastagem em relação à mata, como mostram os agregados maiores que 2 mm (agreg), DMP e DMG que são maiores na área da pastagem, apresentando diferenças significativas entre os usos do solo. Essas diferenças podem ser explicadas, principalmente, pelo sistema radicular das gramíneas, que tendem a dar uma melhor agregação ao solo. Para Cunha (2005), os sistemas associados a braquiária ou com mais gramíneas nas rotações favorecem a agregação do solo, devido à tendência do aumento no teor de matéria orgânica.

Tisdall & Oades (1982) comentam que os agregados maiores são mantidos estáveis por moléculas orgânicas transitórias, hifas de fungos, mucilagens e raízes; tais agentes são destruídos pelo cultivo e os agregados maiores, rompidos em unidades menores. O tamanho dos agregados do solo e o estado de agregação podem ser influenciados por diferentes processos de manejo e práticas culturais, que alteram o teor de matéria orgânica e a atividade biológica do solo (Castro Filho et al., 1998).

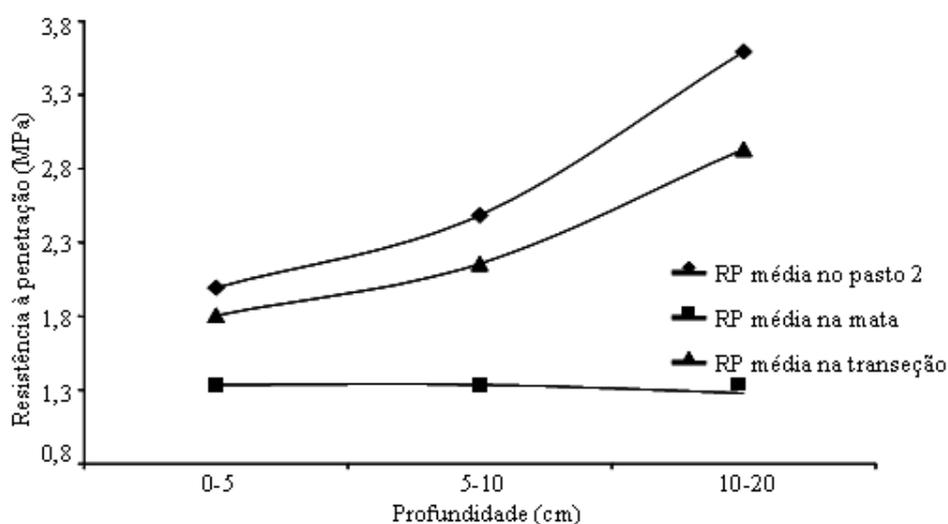
Os sistemas associados ao campi braquiária ou com mais gramíneas nas rotações favorecem a agregação do solo, devido à tendência do aumento no teor de matéria orgânica (Cunha, 2005) corroborando com os resultados de Beutler et al. (2001) num Latossolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa fase cerrado.

O aumento de alguns atributos físicos do solo sobre sistemas de pastagem, integração lavoura-pecuária e plantio direto na camada superficial são temporários, uma vez que as espécies forrageiras em função das próprias características que apresentam como sistema radicular profundo e abundante tem um efeito benéfico na agregação do

solo. Essas forrageiras após sua morte e decomposição do sistema radicular, juntamente com os restos das culturas promovem o aumento dos teores de matéria orgânica e a agregação do solo com conseqüente aumento da porosidade do solo (Fernandes et al., 1983; Silva et al., 2005).

A resistência à penetração (RP) de 2,69 MPa encontrada na área de pastagem está acima do valor considerado limitante ao desenvolvimento das plantas (Taylor et al., 1966 e Nesmith, 1987), e dentro de uma faixa moderada, segundo Arshad et al. (1996). No entanto, a RP de 1,32 MPa encontrada na área da mata, é considerada baixa e abaixo do limite crítico adotado para o desenvolvimento de muitas culturas de acordo com a classificação proposta por Arshad et al. (1996). As diferenças encontradas justificam a significância encontrada entre os usos do solo.

Segundo Kay & Angers (1999), o aumento dos valores de RP com o decréscimo da umidade gravimétrica pode estar associado à maior coesão entre as partículas minerais e ao aumento do atrito destas partículas no solo. No entanto, os testes de penetrometria foram realizados com o solo em umidades praticamente iguais ( $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$  no pasto e  $0,26 \text{ kg kg}^{-1}$  na mata), ao longo do perfil de solo analisado (Tabela 4). Daí foi possível inferir que a maior RP ao longo da transeção foi encontrada na profundidade de 10-20 cm (2,93 MPa), que pode ser explicada devido à presença de pedras encontradas em profundidade e à pressão de pastejo dos animais (Figura 8).



**Figura 8.** Valores de Resistência à penetração mecânica para o Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com pastagem de braquiária – Transeção 2 do pasto. Resistência à penetração mecânica, avaliada com penetrômetro de impacto, com umidade do solo de  $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$  no pasto e  $0,26 \text{ kg kg}^{-1}$  na mata.

O conhecimento do teor de umidade do solo é fundamental para determinação e interpretação da RP. Magalhães et al. (2001) estudaram a RP em um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com pastagem em diferentes épocas de amostragem e verificaram que na época da seca a RP é até três vezes superiores àquela encontrada na época das chuvas. Por essa razão, para interpretação correta de dados de RP é essencial que sejam referenciados os teores de umidade do solo no momento das determinações.

#### 4.3.2.2 Atributos químicos do solo

Os valores de pH variaram de 5,00 na mata a 5,06 no pasto, caracterizando uma acidez baixa, em comparação com a CFSG (1988) e a CFSEMG (1999), sendo significativo na comparação do uso versus profundidade.

Os valores médios de cálcio (Ca) de 47,53 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, na pastagem foram considerados altos (CFSEMG, 1999) a muito altos (CFSG, 1988), enquanto que na mata o valor de 36 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> foi considerado muito alto pelas mesmas comissões. Essas diferenças justificam a significância entre os usos e entre as profundidades analisadas, sendo encontrado o maior teor de Ca na profundidade de 10-20 cm do solo (Tabela 4). Os teores de magnésio (Mg) de 12,93 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na pastagem foram considerados altos (CFSEMG, 1999) e muito altos (CFSG, 1988). Na mata o valor de 17,62 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> foi considerado muito alto pelas mesmas comissões, apresentando significância em relação aos usos do solo (Tabela 4).

Segundo Ferreira & Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem o Ca e Mg nas folhas e com valores acima de 3,50 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no solo há queda na produtividade. Os valores de Potássio (K) encontrados tanto no pasto quanto na mata são considerados altos (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999). O teor de K encontrado na mata foi cerca de 15% maior que no pasto, justificando a significância entre os usos do solo (Tabela 4).

Os teores de fósforo (P) de 6,40 mg dm<sup>-3</sup> encontrados no pasto e de 8,17 mg dm<sup>-3</sup> na mata são considerados baixos pela CFSG (1988) e pela CFSEMG (1999). O P encontrado na área da mata foi 22% maior que no pasto. Da mesma forma, os maiores valores foram encontrados nas profundidades de 10-20 cm, mas sem significância estatística entre as variáveis analisadas. Pode se interpretar que mesmo o P apresentando baixa mobilidade no perfil do solo (Machado et al., 2007) poderá esta ocorrendo desprendimento de partículas ao longo da transeção, causando o deslocamento de nutrientes para a mata ciliar, com grandes chances de alcançarem o leito do rio.

Os teores de matéria orgânica no solo (MOS) variaram de 32,00 g dm<sup>-3</sup> no pasto e 31,83 g dm<sup>-3</sup> na mata, estes valores se enquadram na faixa considerada ideal (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999), sem diferenças significativas para as variáveis analisadas. Para Scopel et al. (2005) os solos do cerrado tendem a apresentar baixos teores de matéria orgânica; por isso, Primavesi (1989) e Luchese et al. (2004) recomendam que sejam adotadas práticas de manejo que propiciem o aumento da MOS.

Os valores da saturação por bases (V) no pasto e na mata são considerados altos (CFSG, 1988; CFSEMG, 1999) e sem diferenças significativas entre as variáveis analisadas (Tabela 4).

### **4.3.3 Caracterização morfológica da área de deposição de sedimentos**

Nesta área como foram feitas duas transeções paralelas: duas trincheiras foram abertas na parte intermediária entre as duas transeções na área de cultivo e outras duas trincheiras foram abertas no início da mata ciliar de cada transeção. As descrições morfológicas completas das trincheiras observadas na área de cultivo e na área de mata ciliar são apresentadas no Anexo A e as análises de fertilidade e granulometria, de cada camada, diferenciável morfológicamente, são apresentadas no Anexo D.

Os dados analisados mostraram retenção de sedimentos já na entrada da mata ciliar das duas trincheiras, em virtude da quantidade de camadas apresentadas. Na primeira trincheira observada (PT1), no terço superior das transeções, foi possível visualizar quatro camadas distintas com espessuras de 15 cm, 18 cm, 24 cm e Bw (horizonte B latossólico) profundo, distintos entre si, não apresentando sedimentação; na PT2, no terço médio (já nos pontos de coleta da transeção), foram observadas três camadas distintas com espessura 23 cm, 27 cm (com a presença de um horizonte Bi – B incipiente – na camada de 23 cm a 50 cm) e um C profundo (com grande presença de rochas ao longo de toda área). Nas demais trincheiras PT3 (início da mata ciliar na transeção 1) e PT4 (início da mata na transeção 2), notam-se a presença de grandes quantidades de sedimentos ao longo de todo o perfil do solo, apresentando diversas camadas de difícil descrição.

A descrição morfológica das trincheiras classificou as camadas superficiais principalmente com base na observação de cor e na caracterização da estrutura. A PT1 apresenta uma camada superficial de cor clara e matiz vermelha muito intensa, porém a cor do perfil quando úmido é bastante homogêneo; a estrutura apresenta-se granular muito pequena, grau moderado. A PT2 apresenta uma camada superficial de cor clara e matiz

vermelho pouco intenso, porém a cor do perfil quando úmido é bastante homogêneo; a estrutura apresenta-se granular pequena, grau fraco. O horizonte Bw da PT1 é caracterizado por estrutura granular muito pequena de grau forte, na PT2 há um Bi de estrutura granular pequena e macia de grau fraco.

Nas trincheiras PT3 e PT4, foi identificada a ocorrência de várias camadas de cores claras e matiz vermelha pouco intensa, porém a cor do perfil quando úmido é bastante homogêneo, apresentando estrutura em blocos subangulares pequena a média de grau moderado.

Quanto à textura dos perfis observados, a trincheira PT1 em todo o perfil foi caracterizada como argilosa, plástica e pegajosa; a PT2 apresenta na camada superficial argilosa, plástica e pegajosa, na camada intermediária franco-argilo-siltosa, plástica e ligeiramente pegajosa, na última camada observada há uma textura siltosa, não plástica e não pegajosa; nas trincheiras PT3 e PT4 apresentam nas camadas superiores franco-argilo-arenosa, plástica e pegajosa, na última camada franco-argilo-siltosa, plástica e ligeiramente pegajosa.

## 5 CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo do solo provocaram alterações nos atributos físicos e químicos, quando comparados com a mata ciliar, destacando-se:

- Menor resistência à penetração sob sistema plantio convencional (SPC) no Latossolo Vermelho distrófico e maior nos Cambissolos Háplicos eutróficos, tanto sob sistema de plantio direto (SPD) quanto na pastagem;
- Diminuição na agregação dos solos sob SPC e SPD e aumento sob pastagem;
- Diminuição nos teores de matéria orgânica e cálcio sob todos os sistemas de cultivo.

Na leitura do perfil do solo na mata ciliar foi constatada a presença de uma camada de material não pedogenizada sobre o horizonte A, proveniente de sedimentos produzidos pela erosão das áreas à montante, de onde foram retiradas às curvas de nível e, ou, terraços.

As matas ciliares, à jusante das áreas cultivadas sob SPD e pastagem, por causa da ação antrópica e da largura inadequada, não foram capazes de reter satisfatoriamente os sedimentos; no SPC, a largura é adequada, atendendo às exigências legais.

## 6 REFERÊNCIAS

ACEG. **Atlas Climatológico do Estado de Goiás**. Goiânia, GO: Universidade Federal de Goiás – UFG, 2002. 100 p.

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 799-806, 2003.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOL, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 711-721, 2000.

ALCÂNTARA, F. A.; NETO, A. E. F.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALMEIDA, V. P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 319-326, 1996.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J., Eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 515-522, 2005.

BALBINO, L. C.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, J. G. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S.;

RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 301-352.

BAUDRY, J. Buffer zones and farming systems. In: HAYCOCK, N. E., BURT, T. P.; GOULDING, K. W. T.; PINAY, G. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Harpenden: Quest environmental, 1997. p. 275-282.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: J.Wiley, 1972. 529 p.

BEARE, M. H.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Water-stable and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 777-786, 1994.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de ofertas de forragens de capim-elefante-anão vc. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997.

BERTOL, I.; GOMES, K. E.; BENARDIN, R. B. N.; LAGO, L. A.; MARASCHIN, G. E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de ofertas de forragens numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 779-786, 1998.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A. D.; SHEPHERD, T. G.; BARKER, D. J.; BUDDING, P. J.; DEVANTIER, B. P.; COSTALL, D. A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research**, Collinwood, v. 37, n. 4, p. 743-760, 1999.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison. American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 374-90.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, C. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1, physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison, WI: American Society Agronomy, 1986. p. 377-382. (Agronomy Monograph, 9).

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.

BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.;

- MARTINEZ, M. A.; SILVA, E. O. Perdas de solo e caracterização física e micromorfológica de crostas formadas em solos sob chuva simulada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 129-138, 2007.
- BROCH, D. L. Integração agricultura-pecuária no Centro-Oeste do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4. 1999, Uberlândia, MG. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 53-60.
- BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura-pecuária: plantio da soja sobre pastagem na integração agropecuária**. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias (Fundação MS. Informativo técnico, n. 01/97), 1997. 24 p.
- CADIMA, Z. A.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura média no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 63-66, 1980.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.
- CARVALHO, M. A. C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria-MS**. 2000. 189 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- 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 sistema de plantio, rotações de culturas e método de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.
- CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.
- CAVALCANTI, G. G.; LOCKABY, B. G. Effects of sediment deposition on aboveground net primary productivity, vegetation composition, and structure in riparian forests. **Wetlands**. Washington, v. 26, n. 2, p. 400-409, 2006.

- CFSEMG. Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para uso de corretivos e fertilidade em Minas gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.
- CFSG. Comissão de Fertilidade de Solo de Goiás. **Recomendação de corretivos e fertilidade para Goiás**. Goiânia, GO; UFG/EMGOPA (Convênio). Informativo técnico 1, 1988. 101 p.
- CHANASYK, D. S.; NAETH, H. A. Grasing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grasslands at Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, n. 4, p. 551-557, 1995.
- CORRÊA, J. C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Typic Acrorthox) do Estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 12, p. 1381-1387, 1985.
- CORRECHEL, V. **Avaliação dos índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “fallout” do <sup>137</sup>Cs**. 2003. 79 f. Tese (Doutorado em ciências: Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.
- CORREIA, L. A.; CRUZ, J. C. Plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, V.B. mar. 1987. n. 147, p. 46-52.
- CORRELL, D. L. Buffer zones and water quality protection: general principles. In: HAYCOCK, N. E.; BURT, T. P.; GOUDING, K. W. T.; PINAY, G. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Harpenden: Quest Environmental, 1997. p. 7-20.
- CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos 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, n. 2, p. 289-298, 1999.
- CORSINI, P. C. Problemas causados pela compactação dos solos. **STAB**, Piracicaba, v. 11, n. 5, p. 8-13, 1993.
- CUNHA, E. de Q. **Influência de sistemas de rotação de culturas, associadas ou não com braquiária, nos atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho em plantio direto**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.
- CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2006. 488 f. Tese (Doutorado em ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASSA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma de estabilidade da estrutura ao final de 5 anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.

DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - East Lansing, Michigan State University, 1994.

DOUGLAS, I. Sediment transfer and siltation. In: CLARK, W. C.; TURNER, B. L.; KATES, R. W.; RICHARDS, J.; MATHEWS, J. T.; MEYER, W. (Ed.). **The earth as transformed by human action**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 215-234.

EGUCHI, E. S.; SILVA, E. L.; OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial da textura e da densidade de partículas em um solo aluvial no Município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 242-246, 2002.

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

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de pesquisas de solo. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. SNLCS, Boletim Técnico 33, Rio de Janeiro, 1978. 455 p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de pesquisas de solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Manual de análise de solo**. Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, 2001. 296 p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: SPI, 1995, 101 p.

ERICKSON, A. E. Tillage effects on soil aeration. In: Prediction tillage effects on soil physical properties and process. **Proceedings**. Madison: America Society de Agronomy, 1982. p. 91-104.

FELIPPE, J. **Avaliação da largura ideal de florestas ribeirinhas considerando modelagem matemática, estimativa de erosão por 137Cs e aspectos ecológicos**. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental), Faculdade de Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros (Typic Argraquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 329-333, 1983.

FERREIRA, A. C. B.; CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A.; LEANDRO, W. M. Calibração dos teores de potássio no solo e na folha do algodoeiro no cerrado de Goiás. In

Congresso Brasileiro de Algodão, 5., 2005. Embrapa Algodão. **Anais...** Campina Grande, PB. 2001. 1 CD-ROM.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 138).

FERREIRA, M. M. **Física do solo.** Lavras: Universidade de Lavras/FAEPE, 1993. p. 63.

FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO J. L.; JÚNIOR, J. A. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 146-151, 2009.

FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures.** Cary: SAS Institute, 1981. 231 p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel, p. 129-163, 1985.

GOMES, A. S.; VERNETTI Jr, F. J.; FERREIRA, L. H. G.; MARTINS, E.; CAPILHEIRA, A. Comportamento da fertilidade de um Planossolo cultivado com milho em sucessão a diferentes coberturas de inverno, no sistema plantio direto. In: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá, MT. **Anais.** Cuiabá: Universidade Federal de Cuiabá, 2002. 1 CD-ROM.

GUIMARÃES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional.** 2000. 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 21, p. 319-328, 1960.

HAKANSSON, I.; MEDVEDEV, V. W. Protection of soils from mechanical overloading by establishing limits for stresses caused by heavy vehicles. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, n. 1-2, p. 85-97, 1995.

HILL, R. L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 161-166, 1990.

HOUSSEINI, E.; GALLICHAND, J.; CARON, J. Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in South West Iran. **American Society of Agricultural Engineers**, Michigan, v. 36, n. 6, p.1687-1693, 1993.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, v. 52, 1992. 1119 p.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

JABRO, J. D. Estimation of saturated hydraulic conductivity of soils from particle size distribution and bulk density data. **American Society of Agricultural Engineers**, Michigan, v. 35, n. 2, p. 557-560, 1992.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, Amsterdam, v.114, n. 3-4, p. 45-156. 2003.

KAY, B. D.; ANGERS, D. A. Soil structure. In: A. SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 229-276.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A., ed. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p. 499-510.

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

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 395-398, 1995.

KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: Black, C.A., ed. **Method of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p. 210 - 221 (Agronomy, 9)

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento do milho em sistema plantio direto no cerrado**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LAL, R.; GREENLAND, B. J. **Soil physical properties and crop production in tropics**. Winchester: John Willey, 1979. 85 p.

LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 1998.

LEMO, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996. 83 p.

LUCHESE, A. V.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1949-1952, 2004.

MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F.; (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; UFV, 1996. p. 135-155.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MACHADO, A. M. B.; Dias E. S.; Santos É. C. S.; Freitas R. T. F. Composto exaurido do cogumelo *Agaricus blazei* na dieta de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1113-1118, 2007.

MACHADO, J. A. **Efeito do sistema convencional de cultivo na capacidade de infiltração da água no solo**. 1976. 133 f. Dissertação (Dissertação de Mestrado), CCR-UFSM, Santa Maria 1976.

MAGALHÃES, R. T.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, I. P. Evolução das propriedades físicas de solos submetidos ao manejo do sistema Barreirão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 7-13, 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1987. 496 p.

MANTOVANI, W. Conceitos e fatores condicionantes. In: Barbosa, L.M. (Coord.). In: Simpósio sobre mata ciliar, Campinas. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1999, p. 11-19.

MARCHAL, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, Aprenda Fácil, 2001. 143 p.

MEDINA, B. F. Influência de dois métodos de preparo de área na compactação de um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 67-71, 1985.

MELO, V. F.; SILVA, J. R. C. Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais...** Viçosa, v. 3, 1995, p. 1890-1892.

MIRANDA, E. E. V. **Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo sob**

**cultivo de cafeeiro na região do cerrado.** 2001. 57 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MOLISAN, M. M.; SALOMÃO, M. S. M. B.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; CARVALHO, C. E. V. Heavy metal in sediments of the lower Paraíba do Sul River and Estuary, R.J., Brasil. **Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 63, n. 1, p. 682-690, 1999.

MORAES, N. R. **Critérios de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no Cerrado Goiano.** Goiânia: 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em solo e água). Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

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

NESMITH, D. S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 51, n. 1, p. 183-186, 1987.

NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south-western Victoria. **Australian Journal Agricultural of Soil Research**, Melbourne, v. 52, n. 1, p. 37-43, 2001.

OLIVEIRA, G. C. **alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado.** 2002. 78 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 265-270, 2007.

PAULA LIMA, W. de. Função hidrológica da mata ciliar. In: BARBOSA, L. M. (Coord.). In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, Campinas, 1998. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1998, p. 25-42.

PAULETO, E. A.; GOMES, A. S.; NACHTIGALL, G. R. Produtividade do arroz irrigado em sistemas de cultivo contínuo e em rotação com soja e milho, In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18, 1989. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:

IRGA, 1989, p. 150-160.

PEDROTTI, A.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 1-9, 2003.

PIDGEON, J. D.; SOANE, B. D. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. **Journal of Agricultural Science**, Cambera, v. 88, n. 1, p. 431- 442, 1977.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo biológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 541 p.

REINERT, D. J. **Soil structural form and stability induced by tillage in a typic hapludalf**. 1990. 128 f. Tese (Doutorado em solos e culturas). Michigan State University. Michigan, 1990.

ROBRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural sobre as formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: ESUSP/FAPESP, 2000. p. 91-99.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Fapesp, 2000. 320 p.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 821-828, 1999.

RUIZ, H. A. **Métodos de análise física do solo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 22 p.

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

Sá, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. **SBCS**, Viçosa / UFLA/DCS, Lavras. 1999. p. 291-309.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; HERMANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 2001. v. 22, n. 208, p. 92-99.

SALVADOR, J. L. G. Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção de reservatórios. **IPEF**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p.73-78, 1986.

SANTOS, D. S. **Redistribuição e qualidade de solos e sedimentos agrícolas em**

**vertentes com mata ciliar:** estudo de casos em Goiatuba (GO), Brasil. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

SARVASI, F. O. C. **Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo.** 1994. 147 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1994.

SCOPEL, I.; PEIXINHO, D. M.; SOUSA, M. S (Coords.) **A formação de areais e seu controle na região de Jataí e Serranópolis/GO.** Relatório final do Projeto de Pesquisa/CNPq, nov.de 2005.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 287-291, 1997.

SIBCS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo de solo no eu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-24, 1985.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; MAZZA, J. A. Manejo físico de solos sob pastagens, In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 25-37.

SILVA, A. P. da; GOMES, A. R.; BERGAMIN, E. M.; CIDIN, A. C. M.; SAMPAIO, F. A. R.; ABREU, S. L.; STAUT, L. A. Avaliação química de solos submetidos ao cultivo de soja no sistema plantio direto. In: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá, MT. **Anais.** Cuiabá: Universidade Federal de Cuiabá, 2002. 1 CD-ROM.

SILVA, C. G.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. Atributos físicos e químico e erosão hídrica entres sulcos sob chuva simulada, em sistema de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 144-153, 2005.

SILVA, I. F. da; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997.

SILVA JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E.; FELFILI, J. M. Flora lenhosa das matas de galeria no Brasil Central. **Boletim do Herbario Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 57-76, 1998.

SILVA, N. M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos. (Eds.). **Cultura do algodoeiro.** Piracicaba: Potafos, , 1999. p. 57-92.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P. Sistema de manejo e qualidade

estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, 2000b.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 239-249, 2000a.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SPAROVEK, G.; RANIERI, S. B. L.; GASSNER, A.; DE MARIA, I. C. SCHNUG, E.; SANTOS, R. F.; JOUBERT, A. A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 169-175, 2002.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. Solos arenosos no Brasil: problemas, riscos e opções de uso. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 21-25, 1998.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem, nutrição e adubação. In: **Algodão: informações técnicas**. Dourados: Embrapa-CPAO; Embrapa-CNPA, 1998. 267 p. (Circular Técnica, 7).

STOLF, R. A Compactação do solo e perspectivas de subsolagem em citrus. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 2, n. 8, p. 283-308, 1987.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR/Stolf: recomendação para seu uso. **STAB**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; Moreira, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 207-212, 2002.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.

SUZUKI, L. E. A. **Influência de adubos verdes na recuperação de propriedades físicas de um Latossolo Vermelho de cerrado**. 2002. 74 f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2002.

TAO, Q.; TANG, H. Effect of dye compounds on the adsorption of atrazine by natural sediment. **Chemosphere**, Beijing, v. 56, n. 1, p. 31-38, 2004.

TAYLOR, H. M.; ROBERTSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, New York, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TISDALL, J. M.; OADES, L. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Soil Science**, New York, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1999.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, C. A. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Embrapa – CNPSO, 2001. 58 p.

VALENTIN, C.; BRESSON, L. M. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 55, n. 1, p. 225-245, 1992.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: Francelli, A.L.; Torrado, P.V.; Machado, J. (coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985, p. 163-79.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo vermelho-escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-883, 1984.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. Londrina (PR). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p. 19-32. (IAPAR. Circular, 23)

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 367-382.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A., ed. **Methods of soil analysis**. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt. 1, p. 499-510.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, New York, v. 37, n. 1, p. 29-37, 1934.

WU, L.; FENG, G.; LETEY, J.; FERGUNSON, L.; MITCHELL, J.; MCCULLOUGH-SANDEN, B.; MARKEGARD, G. Soil management effects on the non limiting water range. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3, p. 401-414, 2003.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 28, n. 1, p. 337-351, 1936.

ZIMMER, A.; SILVA, M. P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; PEDREIRA, C. G. S.; FARIA, V. P.; **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2002. cap. 2, p. 31-58.

## **ANEXOS**

**Anexo A.** Descrição morfológica completa dos perfis de solo estudados.

### **Perfil 1 – AT40 - mata ciliar, área do algodão**

DATA: 16/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVef,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia do Córrego do Lajedo, na área cultivada com algodão (AT1),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço superior da floresta ripária, com declive aproximado de 4,7%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERIODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO – Depósito de sedimentos,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL – Remanescente de Savana Arborizada - Área de Preservação Permanente (APP),

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos,

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS	0 - 8 cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa; moderada, granular, muito pequena; muitos poros; solta, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.
SEDIMENTOS	8 - 22 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/2, úmido); argiloso; moderada, granular, muito pequena; muitos poros; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.
A	22 – 40 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argilosa, forte, granular, pequena; poros comuns; firme, plástica e ligeiramente pegajosa, transição clara e cerosidade ausente.
Bw	40-100+cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argilosa, moderada a forte, blocos subangulares, médio; firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade pouco e comum.

RAÍZES – Ausência de raízes na primeira camada de sedimentos, poucas raízes finas e médias na segunda camada e no A enterrado, ausentes nos horizontes inferiores.

OBSERVAÇÕES – Visível a condição de sedimentos das duas primeiras camadas.

#### **Perfil 2 – AT30, mata ciliar, área do algodão**

DATA: 16/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVef,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego do Lajedo, na área cultivada com algodão (AT2),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço médio da floresta ripária, com declive aproximado de 7,7%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Deposição de sedimentos,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL – Remanescente de Savana Arborizada - Área de Preservação Permanente (APP),

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS 0 - 11 cm; vermelho (2,5YR 3/6, úmido); argiloso; moderada, granular muito pequena; muitos poros; solta, pouco plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.

A 11 - 26 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/4, úmido); argiloso; forte, granular, pequena; poros comuns; firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e cerosidade ausente.

A/B 26 – 44 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argilosa; maciça; poros comuns; poucos mosqueados, médios e difusos; firme, plástica e pegajosa, transição clara e cerosidade ausente.

Bw 44 - 100 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); argilosa, maciça; poucos poros; firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade ausente.

RAÍZES – Poucas raízes finas nos sedimentos, raízes médias a partir do horizonte A enterrado.

Observações – Primeira camada extremamente solta, pouca presença de materiais orgânicos, característicos de depósito de sedimentos.

#### **Perfil 3 - AT20 - mata ciliar, área do algodão**

DATA: 16/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVef,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego do Lajeado, na área cultivada com algodão (AT3),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço inferior da floresta ripária, com declive aproximado de 3,5%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretáceo,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Não aparente,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL – Remanescente de Savana Arborizada - Área de Preservação Permanente (APP),

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 15 cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa; moderada, blocos subangulares, média; poros comuns; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e cerosidade ausente.

A/B 15 – 34 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argilosa; moderada, granular, média; poros comuns; friável, plástica e ligeiramente pegajosa, transição clara e cerosidade ausente.

Bw 34 – 90 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/4, úmido); argilosa, maciça; poucos poros; firme, plástico e pegajoso; cerosidade ausente.

RAÍZES – Poucas raízes finas na camada de sedimentos e no horizonte A/B, raízes médias no horizonte Bw.

Observações – Afloramento do lençol freático a partir dos 90cm de profundidade.

**Perfil 4 – AT10 - mata ciliar, área do algodão**

DATA: 16/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego do lajeado na área cultivada com algodão (AT3),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço inferior da floresta ripária, com declive aproximado de 3,5%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretáceo,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Não aparente,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL - Área de Preservação Permanente (APP) remanescente,

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos.

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0 - 5 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argilosa; moderada, blocos subangulares, média; poros comuns; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e cerosidade ausente.

A/B 5 – 15 cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa; moderada, granular, média; poros comuns; friável, plástica e ligeiramente pegajosa, transição clara e cerosidade ausente.

BW 15 - 60+cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa, maciça; poucos poros; firme, plástico e pegajoso; cerosidade ausente.

RAÍZES – Poucas raízes finas na camada de sedimentos e no horizonte II A, raízes médias no horizonte BW.

Observações – Afloramento do lençol freático a partir dos 60cm de profundidade.

#### **Perfil 5 – AT4 - mata ciliar, área do algodão**

DATA: 16/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVef,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego do Lageado, na área cultivada com algodão (AT3),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço inferior da floresta ripária, com declive aproximado de 3,5%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE - Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Não aparente,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL – Remanescente de Savana Arborizada - Área de Preservação Permanente (APP),

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos,

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 10 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argilosa; moderada, blocos subangulares, média; poros comuns; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e cerosidade ausente.

Bw 10 – 40+ cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa, maciça; poucos poros; firme, pouco plástico e ligeiramente pegajoso; cerosidade ausente.

RAÍZES – Poucas raízes finas no horizonte II A, raízes médias no horizonte II BW.

Observações – Afloramento do lençol freático a partir dos 45cm de profundidade.

#### **Perfil 6 – ST21 - mata ciliar, área da soja**

DATA: 17/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: CXbe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego da Ponte Nova, na área cultivada com soja (ST1),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço superior da floresta ripária, com declive aproximado de 14,7%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE – Presença de laterita,

ROCHOSIDADE - Presença de rocha aos 40 cm,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Depósito de sedimentos, evidência de sulco de erosão dentro da área de mata ciliar, próximo a trincheira estudada,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Savana Arborizada (Cerrado),

USO ATUAL – Remanescente de Savana Arborizada - Área de Preservação Permanente (APP) remanescente,

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS 0 - 12 cm; vermelho (10R 3/4, úmido); argiloso; moderada, granular, muito pequena; muitos poros; solta, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.

A 12 – 22 cm; vermelho escuro (10R 3/2, úmido); argilosa, moderada, blocos subangulares, pequena; poros comuns; firme, ligeiramente plástica e pegajosa, transição clara e cerosidade ausente, presença de poucas concreções ferruginosas.

Bi 22 -35 cm; vermelho escuro (10R 3/3, úmido); argilosa, moderada, blocos subangulares, médio; firme, plástico e muito pegajoso; cerosidade ausente, presença de concreções ferruginosas e de saprólitos de rocha.

C 35 – 40 cm; rocha alterada.

RAÍZES – Poucas raízes finas e médias nos sedimentos recentes, raízes médias no horizonte B.

OBSERVAÇÕES – Presença de rocha a partir dos 40 cm.

#### **Perfil 7 – ST14 - mata ciliar, área da soja**

DATA: 17/07/2005,

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: CXbe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na transeção locada dentro dos limites da floresta ripária, na microbacia hidrográfica do Córrego da Ponte Nova, na área cultivada com soja (ST1),

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço médio da floresta ripária, com declive aproximado de 12,3%, coberto por serrapilheira,

LITOLOGIA: Basalto,

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Serra Geral,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto do intemperismo do basalto,

PEDREGOSIDADE – Presença de laterita,

ROCHOSIDADE – presença de rocha aos 75 cm,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO - Não aparente,

DRENAGEM – Boa,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Cerrado,

USO ATUAL - Área de Preservação Permanente (APP) remanescente,

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Gerd Sparovek e Diléia Santana dos Santos.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

SEDIMENTOS 0 - 5 cm; vermelho (10R 3/4, úmido); argiloso; fraca, granular, muito pequena; solta, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente,

SEDIMENTOS 5 - 10 cm; vermelho escuro (10R 3/4, úmido); argiloso; moderada, granular, pequena; muitos poros; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.

A 10 – 25 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2, úmido); argiloso; moderada, blocos angulares, média; poros comuns; firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara e cerosidade ausente.

Bi 25 – 42 cm; vermelho escuro (2,5YR 2,5/2); argilosa, moderada, blocos angulares, média; poros comuns; firme, plástica e muito pegajosa, transição clara e cerosidade ausente, presença de concreções ferruginosas e de saprólitos de rocha.

C 42 – 75 cm; Rocha alterada, com mosqueados comum, médio e distinto.

RAÍZES – Poucas raízes finas e médias nas primeiras camadas de sedimentos ,aumentando gradativamente em quantidade e espessura nas camadas subseqüentes.

OBSERVAÇÕES – Presença de rocha a partir dos 75 cm.

#### **Perfil 8 – PT1 – Terço superior da área de pastagem**

Data: 22/11/08,

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: LVe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira no terço superior entre as duas transeção, na área cultivada com pastagem,

SITUAÇÃO E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço superior da encosta, coberta por pastagem de braquiária,

LITOLOGIA: complexo basal gnáissico,

PERÍODO: pré-cambriano,

MATERIAL ORIGINÁRIO - produto do intemperismo dos Gnaisses,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE – Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO – Ligeira laminar,

DRENAGEM – bem drenado,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia,

USO ATUAL – Pastagem,

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Huberto José Kliemann e Carloeme Alves de Oliveira.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 - 15 cm; vermelho (2,5YR 3/4, úmido); argilosa; moderada, granular, muito pequena; muitos poros; solta, plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e cerosidade ausente.

Ab 15-33 cm; vermelho (10YR 3/6, úmido); argilosa; moderada, pequena a média, granular; macia, friável, plástica, pegajosa; transição plana difusa.

Ba 33-57 cm; vermelho (10YR 4/6, úmido); argilosa; forte, muito pequena, granular; macia, muito friável, plástica, pegajosa; transição plana difusa.

Bw 57+ cm; vermelho (10YR 4/8, úmido); argilosa; forte, muito pequena, granular; macia, muito friável, plástica, pegajosa.

#### **Perfil 9 – PT2 – Terço médio da área de pastagem**

Data: 22/11/08,

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: CXbe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira no terço médio entre as duas transeções, na área cultivada com pastagem,

SITUAÇÃO E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada no terço médio da encosta, coberta por pastagem de braquiária,

LITOLOGIA: complexo basal gnáissico,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - produto do intemperismo dos Gnaisses,

PEDREGOSIDADE - Presença de pedras,

ROCHOSIDADE – Presença de rocha,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO – Ligeira laminar,

DRENAGEM – Bem drenado,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia,

USO ATUAL – Pastagem,

CLIMA – AW,

DESCRITO E COLETADO POR – Huberto José Kliemann e Carloeme Alves de Oliveira.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-23 cm; vermelho (2,5YR 3/0, úmido); argilosa; muito cascalho; fraca, pequena, granular; macia, muito friável, plástica, pegajosa; transição ondulada clara.

Bi 23-50 cm; vermelho (7,5YR 5/2, úmido); franco-argilossiltosa; muito cascalho; fraca, pequena, granular; macia, muito friável, plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana gradual.

C 50+ cm; vermelho (10YR 6/3, úmido); siltosa; fraca, pequena, granular; macia, friável, não plástica, não pegajosa.

Observação: Nesta trincheira havia a presença de muitas pedras, sendo notada uma faixa de rochas paralela a transeção de cerca de 15m.

#### **Perfil 10 – PT3 - mata ciliar, área de pastagem, entrada da mata ciliar - transeção 1.**

Data: 22/11/08,

CLASSIFICAÇÃO: - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico,

UNIDADE DE MAPEAMENTO: - CXbe,

LOCALIZAÇÃO: Descrito e coletado em trincheira na Transeção 1 na entrada da mata ciliar,

SITUAÇÃO E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Trincheira localizada na Transeção 1, coberta por mata ciliar,

LITOLOGIA: complexo basal gnáissico,

PERÍODO: Jurássico/Cretácio,

MATERIAL ORIGINÁRIO - produto do intemperismo dos Gnaisses,

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso,

ROCHOSIDADE – Não rochoso,

RELEVO LOCAL - Suave ondulado,

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado,

EROSÃO – Ligeira laminar,

DRENAGEM – Bem drenado,

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA –Floresta subcaducifólia,

USO ATUAL – Mata Ciliar,

CLIMA – Aw,

DESCRITO E COLETADO POR – Huberto José Kliemann e Carloeme Alves de Oliveira.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

1ª Camada 0-10 cm; 7,5YR 4/4, úmido; franco-argiloarenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares; macia, friável, plástica, ligeiramente pegajosa; transição ondulada gradual.

2ª Camada 10-32 cm; 7,5YR 3/2, úmido; franco-argiloarenosa; pouco cascalhenta; moderada, pequena a média, blocos subangulares; macia, friável, plástica, pegajosa; transição ondulada gradual.

3ª Camada 32-58 cm; 7,5YR 4/4, úmido; franco-argiloarenosa; moderada, pequena a média, blocos subangulares; macia, friável, plástica, pegajosa; transição ondulada gradual.

4ª Camada 58-94 cm; 7,5YR 5/6, úmido; franco-argiloarenosa; pouco cascalhenta; moderada, pequena a média, blocos subangulares; macia, friável, muito plástica, pegajosa; transição ondulada gradual.

5ª Camada 94+ cm; 7,5YR 5/6, úmido; franco-argilosiltosa; muito cascalhenta; moderada, pequena a média, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa.

**Anexo B.** Caracterização química e granulométrica das amostras coletadas nas trincheiras alocadas na área de mata ciliar (cultura do algodão).

Camadas	Horizonte	pH	M <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V	Textura		
		CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	Argila	Silte	Areia			
AT40 0-8	Sed	5,62	63,86	24,72	10,8	60,67	18,67	44,54	90,14	134,68	66,93	60	22	18
AT40 8-22	Sed	5,63	48,36	16,56	5,87	42,33	12,67	40,48	60,87	101,35	60,06	58	10	32
AT40 22-40	A	5,39	69,13	22,56	3,55	61,67	20,33	50,17	85,55	135,72	63,03	58	18	24
AT40 40-100	Bw	4,73	40,15	5,76	2,72	9,67	8,00	66,19	20,39	86,58	23,55	68	20	12
AT30 0-11	Sed	5,55	58,13	23,88	5,4	47,67	13,67	43,72	66,74	110,46	60,42	52	12	36
AT30 11-26	A	5,37	73,78	55,08	4,27	77,67	25,00	52,13	106,94	159,07	67,23	56	20	24
AT30 26-44	A/B	4,40	37,67	12,72	3,74	14,67	9,33	96,37	27,74	124,11	22,35	60	20	20
AT30 44-100	Bw	4,18	39,99	18,60	2,86	21,67	12,67	132,66	37,20	169,86	21,90	62	20	18
AT20 0-15	A	6,01	83,24	45,12	5,95	113,33	30,33	33,25	149,61	182,86	81,82	68	18	14
AT20 15-34	A/B	4,02	46,04	17,64	2,56	13,67	6,67	164,52	22,9	187,42	12,22	62	26	12
AT20 34-100	Bw	3,84	39,68	19,80	2,26	7,00	3,33	166,17	12,59	178,76	7,04	62	26	12
AT10 0-5	A	4,23	49,6	18,12	2,37	14,00	6,67	130,38	23,04	153,42	15,02	64	22	14
AT10 5-15	A/B+	4,01	36,74	10,56	1,68	5,67	2,67	122,81	10,02	132,83	7,54	58	14	28
AT04 0-8	A	4,97	72,70	20,16	4,46	55,00	21,33	66,88	80,79	147,67	54,71	58	20	22
AT04 8-40+	Bw	4,31	44,02	17,04	2,17	20,00	9,00	113,82	31,17	144,99	21,50	44	16	40

Em que: A = Algodão, T = Trincheira, o primeiro índice número indica a distancia entre a trincheira amostrada e o curso d'água e o segundo e terceiro índice numero separado por hífen, indica a profundidade amostrada.

**Anexo C.** Caracterização química e granulométrica das amostras coletadas nas trincheiras alocadas na área de mata ciliar (cultura da soja).

Identificação	Horizonte	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H +Al	SB	T	CTC	Textura		
		CaCl <sup>2</sup>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%	Argila	Silte	Areia
ST21 0-12	Sed	5,68	69,75	32,16	5,98	81,33	15,00	38,66	102,31	140,97	72,57	52	20	28
ST21 12-22	A	5,57	61,07	31,08	4,52	78,00	13,33	42,51	95,85	138,36	69,27	50	24	26
ST21 22-35	Bi	5,67	22,63	4,32	3,36	40,00	12,67	29,94	56,02	85,96	65,17	38	8	54
ST21 35-40	C	5,76	18,91	1,92	3,44	25,00	8,67	25,73	37,11	62,84	59,05	38	8	54
ST14 0-5	Sed	6,45	89,75	45,96	10,41	121,00	19,33	20,91	150,74	171,66	87,82	52	20	28
ST14 5-10	Sed	6,29	69,60	22,92	8,87	93,33	15,67	23,90	117,87	141,77	83,14	56	18	26
ST14 10-25	A	5,89	58,59	20,88	6,44	59,00	16,33	33,73	81,78	115,51	70,80	56	16	28
ST14 25-42	Bi	5,54	52,70	10,32	9,25	62,33	14,33	40,33	85,92	126,25	68,05	50	14	36
ST14 42-75	C	5,62	21,24	1,44	9,75	37,33	8,33	27,72	55,42	83,13	66,66	56	16	28

Em que: S = Soja, T = Trincheira, o primeiro índice número indica a distancia entre a trincheira amostrada e o curso d'água e o segundo e terceiro índice numero separado por hífen, indica a profundidade amostrada.

**Anexo D.** Caracterização química e granulométrica das amostras coletada nas trincheiras alocadas na área de mata ciliar e nas duas trincheiras na área agrícola - transeção 1 e 2 (Pastagem).

Camadas	Horizonte	pH CaCl <sup>2</sup>	M <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			SB	CTC	V %	Textura		
						Ca	Mg	H+Al				Argila	Silte	Areia,
PT170 0-15	Ap	5.1	42,00	0.6	1.70	40.00	11.00	39.00	53.00	92.00	57.50	35.0	19.0	46.0
PT170 15-33	AB	5.1	22,00	0.3	2.05	31.00	7.00	28.00	40.00	68.00	58.90	36.0	18.0	46.0
PT170 33-57	BA	5.2	18,00	0.3	1.46	29.00	7.00	21.00	37.00	58.00	64.10	38.0	16.0	46.0
PT170 57+	Bw	5.5	8,00	0.3	1.44	15.00	4.00	15.00	20.00	35.00	57.70	42.0	14.0	44.0
PT60 0-23	A	5.5	37,00	0.3	1.69	61.00	12.00	28.00	75.00	103.00	72.70	32	19	49
PT60 23-50	Bi	5.5	10,00	0.3	1.44	41.00	9.00	19.10	51.00	71.00	72.90	32	24	44
PT60 50+	C	5.5	6,00	0.3	1.44	34.00	10.00	15.00	45.00	60.00	75.20	27	20	53
PT17 0-10	C1	5.6	31,00	0.8	2.56	55.00	23.00	19.00	81.00	100.00	80.90	39.0	17.0	44.0
PT17 10-32	C2	5.6	34,00	0.3	2.95	57.00	24.00	19.00	84.00	103.00	81.50	33.0	21.0	46.0
PT17 32-58	C3	5.6	19,00	0.3	3.41	42.00	15.00	19.00	60.00	79.00	76.10	36.0	17.0	47.0
PT1758-94	C4	5.6	15,00	0.3	3.41	34.00	13.00	19.00	50.00	69.00	72.60	42.0	20.0	38.0
PT17 94+	C5	5.6	8,00	0.3	2.56	20.00	15.00	19.00	38.00	57.00	66.40	42.0	25.0	33.0
PT17 0-5	C1	5.5	38,00	0.3	5.77	50.00	21.00	25.00	77.00	102.00	75.40	32	22	46
PT17 5-20	C2	5.5	35,00	0.6	3.46	56.00	21.00	23.00	80.00	103.00	77.80	33	23	44
PT17 20-38	C3	5.5	15,00	0.3	1.90	33.00	12.00	23.00	47.00	70.00	67.10	33	20	47
PT17 38-50	C4	5.5	13,00	0.3	1.74	38.00	13.00	21.00	53.00	74.00	71.50	38	18	44
PT17 50+	C	5.5	12,00	0.3	1.62	32.00	12.00	21.00	46.00	67.00	68.50	38	24	38

Em que: P = Pastagem, T = Trincheira, o primeiro índice numero indica a distancia entre a trincheira amostrada e o curso d'água e o segundo e terceiro índice numero separado por hífen, indica a profundidade amostrada; C1, C2, C3, C4, C5 = Camadas, C = horizonte C.