

**INDICADORES FÍSICOS E HÍDRICOS DA QUALIDADE DE UM
LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO NO
CERRADO DO PIAUÍ**

WILTON FONTENELE

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Uso e Manejo de Solo e Água

**Teresina
Estado do Piauí – Brasil
Dezembro - 2006**

**INDICADORES FÍSICOS E HÍDRICOS DA QUALIDADE DE UM
LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO NO
CERRADO DO PIAUÍ**

WILTON FONTENELE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Uso e Manejo de Solo e Água

TERESINA
Estado do Piauí – Brasil
Dezembro - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

INDICADORES FÍSICOS E HÍDRICOS DA QUALIDADE DE UM LATOSSOLO
AMARELO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO
CERRADO DO PIAUÍ

WILTON FONTENELE
Engenheiro Agrônomo

Aprovada em: ____/____/2006

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano CCA/UFPI

Dr. Valdemício Ferreira de Sousa Embrapa Meio-Norte

Prof. Dr. Julio Cezar Azevedo Nóbrega CCA/UFPI

AGRADECIMENTOS

A Deus, obrigado pela oportunidade da vida, pela realização deste trabalho e pela força nesta caminhada.

Ao Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano, pelas orientações, estímulos, ensinamentos e apoio pessoal.

Ao Prof. Dr. João Batista Lopes pela presteza, orientação e disponibilidade no processamento desta pesquisa.

Aos professores e à coordenação do curso de Mestrado em Agronomia, pela dedicação, esforço e perseverança para o aprimoramento deste curso.

Ao Prefeito de Uruçuí, Francisco Donato Linhares Filho, pelo apoio logístico imprescindível para realização dos trabalhos de campo.

Ao Sr. Cornélio, proprietário da Fazenda Progresso, pela acolhida e apoio logístico durante a coleta de solo e pelas importantes informações sobre o histórico da área estudada.

Aos Prof. Dr. Luis Gonzaga Figueiredo Junior e ao Prof. MSc. Valdinar Bezerra dos Santos pelo apoio e contribuição nos trabalhos de campo.

Aos estudantes de graduação em Agronomia, Aluizio, Tiago e ao mestrando em Agronomia Marcelo Moura pela colaboração nos trabalhos práticos.

Aos colegas de curso, pela amizade, companheirismo e pelo aprendizado que tivemos juntos.

Aos colegas do Emater, que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

Aos colegas da Embrapa, que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

Ao amigo Vicente pela compreensão e apoio administrativo prestado durante este curso.

A minha família que sempre me amparou, me amou, me incentivou.... Me fortaleceu e não me deixou só nos momentos mais difíceis de serem superados.

Ofereço

A minha esposa Aninha, minhas filhas Wilana, Monise, Livia e Raísa, por todo o apoio, estímulo e compreensão, aos meus irmãos(ãs), cunhados(as), Acilino e a Mundica(in memória), em especial ao meu pai José Ananias (in memória) e a minha mãe Teresa, guerreiros da perseverança, do carinho, do amor e da paz, exemplos de vida, incentivo, luta e força. Sem vocês eu jamais conseguiria chegar até aqui!!!

Dedico

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Indicadores de qualidade do solo.....	5
2.2 Efeito do sistema de manejo nos indicadores físicos do solo.....	6
2.2.1 Qualidade estrutural do solo.....	8
2.2.2 Aspectos ligado à agregação.....	9
2.2.3 Estabilidade de agregados em água.....	10
2.2.4 Densidade do solo.....	13
2.3 Matéria orgânica do solo.....	14
2.4 Taxa de infiltração de água no solo.....	16
3. CAPÍTULO I - Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí.....	20
Resumo	20
Abstract	21
3.1 Introdução	22
3.2 Material e Métodos	23
3.3 Resultados e Discussão	26
3.4 Conclusões	34
3.5 Referências Bibliográficas	35
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL	39

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

1. Efeito da interação entre os sistemas de manejo e de quatro profundidades do solo nos valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA), densidade do solo e teor de matéria orgânica de um Latossolo Amarelo distrófico típico submetido a diferentes sistemas de manejo da região do Cerrado no Sul do Piauí (Uruçuí, PI)..... 35

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

1. Taxa de infiltração de água de um Latossolo Amarelo distrófico típico submetido a diferentes sistemas de manejo da região do Cerrado no Sul do Piauí (Uruçuí, PI) 38

RESUMO

No cerrado piauiense, os Latossolos são as unidades mais representativas de solos e por isso tem sido intensivamente incorporados ao processo produtivo agrícola. No entanto, a adoção de práticas de manejo inadequadas, na exploração agrícola com cultivos anuais, tem sido observada na região dos cerrados. O objetivo deste trabalho foi verificar alterações em atributos físico-hídricos indicadores de qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo: plantio direto; plantio convencional e área recém-desmatada comparado à área de cerrado nativo. Foram coletadas amostras de solo na Fazenda Progresso no município de Uruçuí, PI, nas profundidades de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm, para avaliação da estabilidade de agregados em água, densidade do solo, matéria orgânica. Foi também avaliada a taxa de infiltração de água com uso de anéis concêntricos. Os dados foram submetidos à análise de variância num delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. O plantio convencional que tem uso antigo na área, reduziu a estabilidade de agregados em água e o plantio direto, de uso recente, não apresentou melhoria na agregação do solo em relação ao cerrado nativo. Os índices DMP, DMG e IEA apresentam bom desempenho em indicar alterações decorrentes da adoção de sistemas de manejo distintos em relação ao cerrado nativo. A maior taxa de infiltração de água no solo ocorre no cerrado nativo e, o sistema plantio direto proporciona valores de taxa de infiltração de água no solo superiores aos do preparo convencional.

Palavras-chave: estabilidade de agregados, taxa de infiltração, cerrado nativo, plantio direto, plantio convencional.

SUMMARY

In the Cerrado areas of the Piauí, Latosols are the most representative soils unit, being, for this reason, intensively incorporated to the agricultural productive process. There, the use of inadequate practices in the annual agricultural exploration with annual cropping system has been observed. The objective of this work was to verify the changes in some physical-hydrological quality indicators of a Dystrophic Yellow Latosol under different crop management systems: direct planting; conventional planting and recently-deforested area, compared to a native cerrado area. Soil samples were collected in the Progresso Farm, located in Uruçuí, PI, in the 0 - 5; 5 - 10; 10 - 20 and 20 - 40 cm depths, for evaluating the aggregate stability in water, the soil density and organic matter. The water infiltration rate, in the agricultural systems was evaluated, using concentric rings. The analysis of variance a completely randomized design, in 4x4 factorial arrangement. The averages of the treatments were compared by the Tukey test, at 5% probability. The conventional system being used for many years in the area reduced the aggregates stability in water, and the recently used direct planting did not present improved the soil aggregation, compared to the native cerrado soil. The indices PMD, GMD and AEI were good indicators of the changes resulting from the different cropping systems, compared to the native cerrado. The highest water infiltration rate happen at the native cerrado soil but the direct planting system provid higher water infiltration rate than conventional planting.

Key-words: aggregate stability, water infiltration rate, native cerrado, direct planting, conventional planting.

02. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO

A qualidade do solo é definida como sendo a capacidade desse solo em desempenhar a sua função em um ecossistema para suportar plantas e animais, resistir à erosão e reduzir impactos negativos associados aos recursos água e ar. A qualidade do solo não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de propriedades do solo designadas como propriedades indicadoras da qualidade do solo. Para DUAMANSKI & PIERI (2000) as bases científicas que respaldam a busca por indicadores de qualidade do solo são a compreensão de que esses indicadores estão direcionados para avaliação e ou monitoramento das condições do solo que o torna um corpo vivo, com capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfira na promoção da sua vida.

A qualidade do solo tem como indicadores básicos as suas características físicas (textura, temperatura, densidade do solo, água do solo e sua retenção), carbono orgânico total, características químicas e biomassa microbiana. Sendo que a densidade do solo é variável para um solo de acordo com a sua estruturação, permitindo avaliar outras propriedades como drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, a permeabilidade à água e ao ar e a capacidade máxima de retenção de água (DORAN & PARKIN, 1994).

A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo na qualidade física do solo são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Solos desestruturados e compactados geralmente apresentam valores altos de densidade do solo e baixos de porosidade em função do uso e manejo incorreto, dificultando a penetração das raízes e a difusão de oxigênio, impedindo o desenvolvimento das plantas e a produtividade pela deficiência na absorção de água e nutrientes do solo pelas raízes. Por conseguinte, a compactação pode ser definida como a redução da macroporosidade ou porosidade de aeração ou aumento da microporosidade, densidade do solo e da resistência do solo à penetração, resultante da dispersão ou rearranjo dos agregados e aproximação das

partículas primárias causadas pelo pisoteio animal, trânsito de máquinas ou mesmo o impacto das gotas de chuva (STONE et al., 2002; BEUTLER et al., 2004).

A compactação superficial, caracterizada pela alta densidade do solo, leva a uma redução na infiltração de água no solo e maiores perdas por erosão laminar. A redução da água disponível para as plantas durante o ciclo das culturas, leva há uma redução no desenvolvimento das plantas e produtividade, pois a água é o principal fator limitante (MORETI, 2002). A alteração da vegetação natural e o uso da mecanização intensiva favorecem alterações nas propriedades do solo levando ao processo de degradação do solo, referindo-se, essencialmente, as perdas de produtividade decorrente da diminuição de quantidade de nutrientes, matéria orgânica, modificações de atributos físicos e outras conseqüências adversas. Como a estrutura é o alvo do manejo físico, a sua degradação causa perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe à erosão hídrica acelerada (ALBUQUERQUE et al., 1995). Neste sentido, a qualidade física do solo pode também ser entendida como sua qualidade estrutural. Portanto, alguns indicadores físicos do solo, como densidade, agregação e estabilidade de agregados, matéria orgânica e a capacidade infiltração de água, podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido.

Diante do exposto, uma importante observação é que as propriedades físicas a serem utilizadas como indicadoras, além de possuir as características apontadas como desejáveis para indicadores, devem fundamentalmente evidenciar as causas do estado ou tendência qualitativa do sistema de interesse, ou seja, dizer, por exemplo, se determinada prática de manejo agrícola estão (isoladamente ou em conjunto) afetando um único ou um conjunto de atributos de um agroecossistema.

2.2 EFEITOS DO SISTEMA DE MANEJO NOS INDICADORES FÍSICOS DO SOLO

Os sistemas de manejo e cobertura do solo determinam as condições físicas para o crescimento das plantas. De um modo geral, o solo apresenta, em seu estado natural, propriedades físicas e químicas definidas em função da rocha matriz, processos pedogenéticos, tipo de vegetação nativa, topografia, etc. A presença de vegetação e seus resíduos condicionados pelo sistema de uso e manejo do solo, exercem uma ação protetora contra a erosão do solo pela chuva. Sob o uso agrícola, a utilização intensiva da terra com

sistemas de cultivos inadequados tem contribuído para a degradação das características físicas, químicas, hídricas e biológicas do solo (SALVIANO, 1981; CUNHA et al., 2001).

Um solo que se encontra com mata nativa é visível a sua boa estruturação, quantidade e distribuição de poros, presença de matéria orgânica e boa capacidade de infiltração de água em seu perfil. O cultivo do solo altera suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado, tal como aquelas encontradas em campos nativos e, essas alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas. Os preparos convencionais rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990), o que tem levado a diminuição da produtividade das pastagens e culturas e a conseqüente degradação ambiental (SILVA et al., 2005). Além disto, os aspectos positivos dos preparos convencionais são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é submetido às chuvas erosivas, as quais o desagregam na superfície pelo impacto das gotas, diminuem a taxa de infiltração de água e aumentam o escoamento superficial e a erosão hídrica, em relação aos outros sistemas de manejo do solo (BERTOL et al., 2004). Essas alterações são mais evidentes nos sistemas convencionais de preparo do solo do que em solos com menos uso de máquinas e implementos e, tende ao agravamento à medida que o solo é submetido a sucessivos anos de cultivo, com tendência a redução da sua aptidão agrícola (MORETI, 2002).

As modificações em praticas de manejo e das culturas induzem alterações nas propriedades do solo, principalmente, na sua estrutura, podendo a natureza dessa alteração ser temporária ou permanente (CAMPOS et al., 1995). Em particular, a diminuição da estabilidade de agregados naturais, o aumento da densidade e a diminuição da microporosidade, tamanho de agregados e da taxa de infiltração de água, além de redução no complexo de cargas e na atividade biológica tem sido demonstrado, com prejuízos ao desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, na produção agrícola (CRUZ et al., 2003; SILVA et al., 2005). A adoção de sistemas de manejo de solo e culturas adequadamente manejadas são agentes importantes de agregação do solo, proporcionando o aporte de material orgânico através dos resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes das plantas e proteção oferecida à superfície do solo. A manutenção de um bom

estado de agregação e estabilidade e, conseqüentemente, de uma boa estrutura é condição primordial para garantir alta produtividade agrícola.

Em solos que apresentam características naturais favoráveis ao cultivo, conforme (BERTOL et al., 2004) o preparo convencional degrada as propriedades físicas, pois o revolvimento rompe os agregados, compacta o solo abaixo da camada preparada e o deixa descoberto. Já o plantio direto, em virtude da pequena mobilização do solo, preserva os agregados e a cobertura do solo, porém consolida a camada superficial. Logo, no sistema plantio direto, o solo é submetido a menor tráfego, porém, não é revolvido, tendendo ao adensamento superficial do solo. O adensamento tem sido verificado pelo aumento da densidade do solo e da microporosidade, da diminuição da porosidade total e, principalmente, da macroporosidade (SECCO et al., 2005).

A qualidade física de solos agrícolas pode ser afetada pelo sistema de manejo, sendo a magnitude das alterações dependente do tempo de uso do solo e das condições edafoclimáticas (COSTA et al., 2003; BERTOL et al., 2004). Mas, é aceitável, dizer que algumas mudanças ocorrem em pouco tempo de uso agrícola, ou mesmo numa simples prática de preparo de solo, outras com um manejo mais prolongado serão visíveis e podem ser medidas. Uma avaliação contínua, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo quando se objetiva estabilidade estrutural. A dificuldade está, em sob condições experimentais, se avaliar modificações submetendo ao uso um solo de floresta ou mata virgem e de forma contínua analisar suas propriedades. Porém, este seria o procedimento ideal em termos de compreender e quantificar o impacto do uso e manejo na qualidade física do solo e no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. No entanto, o procedimento mais comum entre pesquisadores, é a opção por estudar solo mata nativa e outro cultivado, de semelhança genética e topográfica relacionado com a formação do solo.

2.2.1 QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO

O termo estrutura tem sido definido por vários autores (BRADY, 1989), e do ponto de vista físico, a estrutura do solo é definida como sendo o arranjo e disposição das partículas sólidas do solo. No entanto, sob o ponto de vista agrícola, é considerada uma das

mais importantes propriedades, sendo fundamental nas relações solo-planta. Conforme FERNANDES (1993) um dos conceitos mais difundido e aceito é o que considera a estrutura do solo como sendo o resultado da agregação das partículas primárias do solo em unidades estruturais chamadas de partículas secundárias. Entendendo-se por partículas primárias aquelas granulometricamente diferentes: a areia, o silte e a argila, enquanto que as partículas chamadas secundárias são formadas pela união de partículas primárias em agregados ou elementos estruturais. A essa definição, pode ser acrescentado que as partículas compostas ou secundárias têm propriedades distintas daquelas sem agregação.

A estrutura de um solo ideal é aquela que permite uma adequada área de contato entre as raízes das plantas e o solo, um espaço poroso, que permita em proporções contínuas, condições para o movimento de água e de gases e resistência do solo à penetração que não venha limitar o crescimento de raízes e folhas. Sendo assim, a condição estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: (a) avaliações de parâmetros relacionados ao grau de agregação e estabilidade dos agregados e (b) avaliação de parâmetros relacionados à forma da estrutura, como densidade do solo e a distribuição do espaço poroso (porosidade total, macro e microporosidade), etc. Na prática o que interessa saber é a distribuição, quantidade e estabilidade dos agregados que por sua vez estão relacionados com a quantidade e distribuição dos poros do solo (SECCO et al., 2005).

2.2.2 ASPECTOS LIGADOS À AGREGAÇÃO

Análise de agregados (em relação à sua estabilidade e distribuição por tamanho), determinação da porcentagem de macro e microporos e da porosidade total, medidas de densidade do solo e observações micro-morfológicas, são técnicas que podem ser usadas no sentido de avaliar possíveis alterações estruturais. Na realidade essas medidas refletem a relação entre sólidos e vazios em um dado instante, que representaria, em outras palavras, certa quantificação da estrutura do solo.

Os agregados não devem ser confundidos com torrões, que aparecem quando o solo é preparado com baixo grau de umidade, nem com fragmentos obtidos por ruptura da massa de terra fora de seus planos naturais de fratura. Na realidade, a agregação se refere ao estado de ligação entre partículas primárias do solo resultante da ação de agentes cimentantes como: a matéria orgânica, os óxidos de ferro e alumínio, e a própria argila

hidratada, bem como cátions adsorvidos às partículas. Portanto, a agregação do solo ocorre em duas etapas, sendo a primeira relacionada à aproximação das partículas, seja por processo físico ou físico-químico, e a segunda, a sua estabilização por agentes cimentantes. Sendo que o produto final desses processos resulta a formação de unidades estruturais que no seu conjunto definem os diferentes tipos de estrutura (PALMEIRA et al., 1999).

A manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade, e conseqüentemente, de uma boa estrutura, é condição primordial para garantir altas produtividades agrícolas. Como também, as análises granulométricas e o teor de matéria orgânica também são úteis para indicar modificações quantitativas de alguns componentes do solo, constituindo subsídios importantes na interpretação dos resultados obtidos nas determinações anteriores (CORREIA, 2002).

2.2.3 ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA

A estabilidade da agregação, ou seja, a resistência que os agregados oferecem à ação das forças desagregadoras que sobre eles atuam, é um dos indicadores de qualidade física do solo cujo conhecimento é da maior importância. A sua apreciação é normalmente feita através da sujeição de amostras de solo a forças induzidas artificialmente que procuram simular ações ou fenômenos susceptíveis de ocorrer em condições naturais. Há dois tipos de estabilidade: um que diz respeito à capacidade do solo conservar sua estrutura sob ação da água e o outro está ligado à capacidade do solo conservar essa estrutura quando submetido a pressões mecânicas (MARCOLAN, 2002).

A análise da estabilidade de agregados resume-se na medição da distribuição de agregados, agrupados em classes de diâmetro arbitrárias, e segundo critério variável de estabilidade. Ao analisar a estabilidade dos agregados através do peneiramento em água, observa-se que a facilidade com que a massa de agregados se desfaz reflete o potencial de erodibilidade do solo. De modo geral, a avaliação do tamanho dos agregados e o estado de agregação do solo podem ser determinados de várias formas. Segundo KEMPER & CHEPIL (1965) podem ser usados como parâmetros o Diâmetro Médio Ponderado (DMP), o Diâmetro Médio Geométrico e o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA). Cada um dos métodos apresenta princípios distintos como: o DMP é tanto maior quanto maior for a

percentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores, logo a presença de agregado maior tamanho ou maior DMP, pode refletir a resistência do solo à erosão; o DMG é uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; o IEA representa uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição por classe de agregados, logo quanto maior a quantidade de agregado $< 0,25$ mm, menor será o IEA.

Estudando como tamanho dos agregados e como o estado de agregação pode ser influenciado por diferentes processos de manejo e práticas culturais que alteram o teor de matéria orgânica e a atividade biológica do solo, CASTRO et al. (1998) avaliaram a estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio (convencional e direto), rotações de culturas e métodos de preparo das amostras (peneiras de quatro e oito mm antes do tamisamento úmido), em duas profundidades de 0 – 10 e 10 – 20 cm. Os índices de agregação determinados foram: o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregado (IEA). Os resultados mostraram que o sistema de plantio direto melhorou o estado de agregação com o incremento do teor de C-orgânico, sobretudo na camada de 0 – 10 cm, onde os valores de DMP e DMG foram significativamente superiores. A agregação tendeu a aumentar quando a sucessão de culturas incluiu espécie de relação C/N mais alta (milho). O aumento do teor de C-orgânico resultou em aumento do IEA pela diminuição de agregados das classes com diâmetro $< 0,25$ mm e aumento das classes de diâmetro maiores.

PALMEIRA et al. (1999) estudando os efeitos de oito diferentes sistemas de cultivo sobre o estado de agregação na profundidade de 0 – 10 cm num Planossolo eutrófico, por meio dos seguintes atributos: distribuição dos agregados estáveis em água em diferentes classes de tamanho e diâmetro médio ponderado de agregados (DMP). Após 10 anos, nos sistemas de cultivo de mobilização do solo mínima, a maior concentração dos agregados estáveis em água ocorreu na classe de maior tamanho, ao contrário dos tratamentos de maior ação antrópica, com maior concentração dos agregados estáveis em água na classe de menor tamanho. Como também, comparando o DMP dos agregados obtidos no solo mantido sem cultivo com os demais sistemas, houve uma redução deste atributo de 1,11 vez com relação ao plantio direto, de 1,80 vez com relação ao sistema

tradicional e convencional de cultivo do arroz irrigado e de 2,87 vezes com relação ao sistema que envolveu sucessão e rotação de culturas. Além disso, a matéria orgânica correlacionou-se positivamente com o DMP dos agregados, caracterizando-se como um potencial indicador da desagregação do solo nas condições estudadas.

Comparando a vegetação nativa de Cerrado com o uso do solo no sistema plantio direto e preparo convencional em um Latossolo Vermelho, MENDES et al. (2003) observaram maior estabilidade de agregados no campo nativo do que no plantio direto, sendo o plantio convencional o sistema que apresentou menor estabilidade de agregados, como também, constataram que o teor de matéria orgânica e do carbono prontamente mineralizável nos macroagregados foi maior do que nos microagregados nos sistemas Cerrado e plantio direto, enquanto no plantio convencional não houve diferenças, o que comprova no sistema plantio convencional a ocorrência da oxidação da matéria orgânica, principalmente dos macroagregados com redução de sua estabilidade.

observaram em um Latossolo Vermelho distrófico, que a estabilidade de agregados no sistema Cerrado foi reduzida pelo preparo convencional, enquanto o plantio direto recuperou parte da estabilidade de agregados perdida pelo preparo intensivo, possivelmente, pelo maior teor de carbono orgânico.

BERTOL et al. (2004) citam que em solos com características naturais favoráveis ao cultivo, o preparo convencional degrada as propriedades físicas, pois o revolvimento rompe os agregados, compacta o solo abaixo da camada preparada e o deixa descoberto. A semeadura direta, em virtude da pequena mobilização do solo, preserva os agregados e a cobertura do solo, porém consolida a camada superficial. Em um Cambissolo Húmico alumínico léptico, constaram o aumento da densidade do solo na camada de 0 – 10 cm nos sistemas com semeadura direta (com rotação e sucessão de cultura) e igual no plantio convencional, enquanto o volume total de poros e de macroporos foi igual na semeadura direta, em relação ao campo nativo.

BEUTLER et al. (2005) buscando avaliar o efeito da compactação do solo na estabilidade de agregados, constataram que no Latossolo Vermelho compactado pelo tráfego do trator tem menor estabilidade dos agregados. A estabilidade dos agregados do solo, avaliada pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e pela quantidade de agregados

maiores que 2 mm, foram maiores no solo solto, comparado ao solo compactado e foi semelhante entre profundidades.

MARCOLAN & ANGHINONI (2006) avaliando atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto (com 12 anos, 08 anos e com mobilização do solo para incorporar calcário a cada 04 anos) e plantio convencional 12 anos. Quatro anos após a mobilização do solo para segunda reaplicação de calcário determinaram a densidade do solo, porosidade total, estabilidade de agregados e teor de carbono orgânico em três camadas (0,0 – 2,5; 2,5 – 7,5 e 7,5 – 15,0 cm) do solo, bem como rendimento das culturas e concluíram que o solo havia recuperado os atributos físicos à condição original após os quatro anos de plantio direto. E, que os atributos físicos do solo foram mais uniformes no perfil no preparo convencional, mas a estabilidade de agregados na camada superficial foi menor em relação ao plantio direto, atribuindo a menor estabilidade de agregados no plantio convencional a uma condição esperada, uma vez que, devido ao revolvimento anual, os agregados vão diminuindo de tamanho. Assim, além das forças disruptivas da ação mecânica, o solo revolvido fica exposto à desagregação pelo impacto das gotas da chuva que, somado à mineralização da matéria orgânica, diminui a estabilidade dos agregados.

2.2.4 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo representa a relação entre a massa de sólidos e o volume total que essa massa ocupa, ou seja, o volume do solo incluindo o espaço ocupado pelo ar e pela água. Na realidade reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso, de tal maneira que todas as manifestações que influenciarem a disposição das partículas do solo, refletirão diretamente nos seus valores. É uma propriedade relativamente instável: varia de solo para solo e dentro de um mesmo solo, dependendo principalmente do grau de compactação, do teor de matéria orgânica da ausência ou presença de cobertura vegetal, do sistema de cultivo empregado, e da profundidade (BRADY, 1989; CARVALHO et al., 1999).

STONE & SILVEIRA (2001) avaliando um Latossolo Vermelho perférrico, sob pivô central, por seis anos consecutivos, durante os quais se efetuaram 12 cultivos.

Estudaram-se os efeitos de quatro sistemas de preparo do solo (arado/grade; arado; grade e plantio direto) e seis de rotação de culturas sobre a densidade e porosidade do solo. Constatando que o plantio direto ocasionou maior valor de densidade do solo e menores de porosidade total e macroporosidade na camada superficial, enquanto o preparo do solo com grade aradora propiciou menor densidade e maior de porosidade total. Nas camadas mais profundas, o preparo do solo com arado de aiveca propiciou os menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total e macroporosidade.

CRUZ et al. (2003) avaliaram as propriedades físicas e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho submetido a sistemas de manejo (plantio direto com três anos de condução; plantio convencional com aração e gradagem) comparado ao campo nativo, observaram que os maiores valores de densidade do solo na profundidade 0 – 10 cm foram no solo sob plantio direto. Como também, no sistema plantio direto na camada 0 – 10 cm, em relação aos outros sistemas avaliados, ocorreram um aumento no teor de carbono orgânico do solo, não resultando em aumento no diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados. O que também foi constatado por SECCO et al. (2005) em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo, onde a densidade do solo, nas três profundidades avaliadas (0 – 7; 7 – 14 e 14 – 21 cm), apresentou valores superiores nos tratamentos com menor mobilização do solo (plantio direto contínuo; plantio direto com escarificação a cada 03 anos; plantio direto no verão com escarificação outono/inverno e plantio conservacionista) quando comparado ao plantio convencional (arado de disco mais grade niveladora).

ARGENTON et al. (2005) avaliaram Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e planta de cobertura em comparação com a mata nativa e, concluíram que os sistemas de preparo modificaram a estrutura do solo, com aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e redução da macroporosidade e da porosidade total. Até 05 anos de utilização, o preparo reduzido sem uso de plantas de cobertura do solo não recuperou as propriedades relacionadas com a estrutura do Latossolo anteriormente cultivado com plantio convencional; no entanto, quando utilizado com plantas de cobertura, a qualidade do solo melhorou.

2.3 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

TISDALL & OADES (1982) mostraram que a matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo, pelas ligações de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes. E, que a estabilidade estrutural está também associada ao tamanho dos agregados. Quanto maior o agregado, maior é sua estabilidade. Essa maior estabilidade dos agregados pequenos associa-se, também, aos vários tipos de agentes ligantes, cujos efeitos são aditivos. Logo, vários constituintes, orgânico e inorgânicos, do solo participam na ligação das partículas para formação de agregados estáveis em água.

A importância da matéria orgânica em relação às características físicas, químicas e biológicas é amplamente reconhecida. A sua influência sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que a matéria orgânica seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994). No entanto, conforme (CAMPOS et al., 1995) a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo desta ao solo para manter estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas. Os efeitos benéficos desta sobre a agregação e estabilidade de agregados são resultados da atividade conjunta dos microrganismos, fauna e vegetação, já que sem transformações, a matéria orgânica em si, tem pouco ou nenhum efeito sobre a estrutura do solo.

O diâmetro médio ponderado (DMP) parece ser influenciado por diferenças no teor de matéria orgânica, na atividade biológica, nas oscilações de temperatura e umidade (influenciadas também pela cobertura vegetal mais ou menos densa), porém, quando ocorre compactação intensa, os demais efeitos parecem ser minimizados (CARPENEDO & MIELNIZUK, 1990).

Avaliando a estabilidade estrutural de um Latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de cultura e sistema de manejo de solo, CAMPOS et al. (1995) concluíram que o sistema plantio direto apresentou diâmetro médio dos agregados (DMG) cerca de duas vezes maior que o sistema de plantio convencional e, que essa diferença foi diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico e de atividade microbiana no sistema plantio direto. CASTRO FILHO et al. (1998) afirmam que matéria orgânica influencia bastante no mecanismo de formação das diferentes classes de tamanho dos agregados, a quantidade irá permitir maior ou menor agregação, proporcionando uma

maior ou menor perda de solo em decorrência da maior resistência à desagregação e dispersão.

Conforme ALBUQUERQUE et al. (2005) sistemas de preparo que revolvem menos o solo e acumulam resíduos culturais na superfície preservam sua estrutura e retêm mais água na camada superficial, principalmente pelo aumento da matéria orgânica e da microporosidade. E, os mesmos autores, avaliando a estabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo (reduzido e convencional) com plantas para cobertura do solo, concluíram que o uso do solo degradou as propriedades físicas, comparativamente ao sistema com mata nativa, reduziu o teor de C-orgânico (CO) e a estabilidade dos agregados. Porém, as plantas de cobertura aumentaram o teor de CO; entretanto, não modificaram a estabilidade de agregados, quando comparados às do sistema com culturas isolado (sem cobertura vegetal associada). A recuperação de solos degradados por meio do uso de plantas de cobertura foi mais efetiva quando estas foram associadas ao preparo reduzido.

2.4 TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Outro atributo importante na avaliação da qualidade estrutural de um solo é a infiltração de água. Infiltração é o termo aplicado ao processo pelo qual a água penetra no perfil do solo. A água precipitada chega à superfície do solo, podendo penetrar neste, deslocando-se e armazenando-se no perfil do solo, ficar retida nas pequenas depressões da superfície, com posterior penetração ou evaporação e, ainda, pode escorrer sobre a superfície, acelerando o processo de erosão. A eficiência dos sistemas de cultivo do solo para o controle da erosão proporcionada pela água, estar em favorecer a sua infiltração e armazenamento no solo, desfavorecendo o escoamento sobre a superfície. Logo, a infiltração de água no solo está relacionada com as propriedades físicas destes, e observa-se que existe uma relação entre agregação do solo e erosão (ALVES SOBRINHO et al., 2003; CRUZ et al., 2003).

A taxa de infiltração é a característica mais sensível para detectar alterações introduzidas pelo cultivo, sendo determinadas principalmente pelo tamanho e distribuição dos poros, que geralmente são uma função do estado de agregação e da textura do solo. Na

realidade, é uma propriedade do solo que representa a intensidade máxima que o solo, em dada condição e tempo, pode absorver a água da chuva ou da irrigação aplicada à determinada taxa. De maneira geral, a velocidade de infiltração é máxima no início do processo, e decresce rapidamente, de acordo com as condições do solo. Sob precipitação natural ou artificial contínua, a velocidade de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante (SALES et al., 1999).

A infiltração depende de muitos fatores, entre os quais se destacam a textura e a estrutura dos solos, a cobertura vegetal e a umidade inicial. A taxa de infiltração de água no solo é considerada um bom indicativo da qualidade física do solo, pois quando reduzida a níveis muito baixos, aumenta o risco de erosão e de déficit hídrico e nutricional nas plantas, fazendo com que as raízes desenvolvam-se superficialmente, diminuindo a sua produtividade (BERTOL et al., 2000).

Os preparos do solo para a agricultura e os tratos culturais provocam a compactação, diminuindo a macroporosidade dos solos e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração. Segundo SILVA & KATO (1998) O contrário, entretanto, é verificado quando o solo permanece com cobertura vegetal, pois dificulta o escoamento e, em decorrência, facilita a infiltração. Assim, os autores trabalhando em Latossolo Vermelho-Amarelo com cobertura vegetal, encontraram valores de VIB variando de 56 a 96 mm h⁻¹ e, sem cobertura vegetal, o valor da VIB variou de 51 a 78 mm h⁻¹, mostrando a influência positiva da cobertura vegetal na infiltração de água no solo.

Com objetivo de estimar a velocidade de infiltração básica (VIB), SALES et al. (1999) avaliaram a associação desta com outros atributos físicos (textura, densidade do solo e de partículas, porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica do solo saturado) das camadas superficial e subsuperficial de um Latossolo Roxo e um Podzólico Vermelho-Amarelo, concluindo que seus valores são contrastantes, tanto a condutividade hidráulica do solo saturado quanto à densidade do solo se mostraram adequadas para estimar a VIB desses solos. Os autores encontraram valores de 12,1 mm h⁻¹ para VIB no Podzólico Vermelho-Amarelo, possuindo 422 g k⁻¹ de argila e volume de macroporos de 7,8% enquanto para o Latossolo Roxo, com 653 g kg⁻¹ e 16,8% de macroporos, a VIB atingiu valor de 56,6 mm h⁻¹.

BERTOL et al. (2001) avaliando alterações num Cambissolo Húmico aluminico sob sistema de manejo constataram que a taxa de infiltração de água no solo, tanto inicial como final, foi maior no plantio convencional do que no plantio direto e campo nativo, atribuindo este comportamento ao maior volume de macroporos e menor valor de densidade, fato este constatado anteriormente, em experimento realizado neste mesmo solo, onde os tratamentos campo nativo e sistema plantio direto apresentaram baixo volume de macroporos e alto valor de densidade, o que explica, em parte, a sua menor taxa de infiltração de água no solo. Constatando, ainda, que manejo de solos que promovem aumento da densidade, com redução da percentagem de macroporos e/ou da estabilidade de agregados em água, reduzem a taxa de infiltração de água no solo.

CRUZ et al. (2003) avaliando as propriedades físicas e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob três sistemas de manejo, plantio direto, convencional e campo nativo, constataram que os valores da taxa de infiltração nos diferentes sistemas não apresentaram diferenças significativas entre si, mas que a infiltração acumulada foi maior no plantio direto (53,4 mm) seguido do campo nativo (47,2 mm) e sistema convencional (39,6 mm), indicando que no sistema plantio direto é maior a quantidade de água infiltrada no mesmo intervalo de tempo, em relação aos outros dois sistemas estudados, e que este fato pode significar menor escoamento superficial e menor erosão. Já ALVES SOBRINHO et al. (2003) estudando solo cultivado sob diferentes sistemas de manejo e rotação de culturas, concluíram que o sistema plantio direto proporcionou valores de taxa de infiltração de água superiores aos do preparo convencional (grade aradora e duas operações com grade niveladora). Como também, constatou que os valores de VIB encontrados estão de acordo com os obtidos por SILVA & KATO (1998) confirmando que a cobertura vegetal afeta de maneira positiva a capacidade de infiltração de água no solo.

Ao analisar alterações nas propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto (PD) e plantio direto escarificado (PDE), após seis anos sob plantio direto, CÂMARA & KLEIN (2005) constataram que a taxa inicial, bem como a taxa final de infiltração de água no solo até 120 minutos, foi afetada pelo manejo do solo. O PDE apresentou taxa inicial de infiltração 2,2 vezes e taxa final 3,8 vezes superior ao PD. O plantio direto apresentou taxa final de infiltração de 26,49 mm. h⁻¹ e o plantio direto escarificado de 99,99 mm. h⁻¹.

Evidenciando que tal comportamento pode ser explicado pelas alterações na estrutura do solo, vez que os resultados indicaram que a escarificação do plantio direto não afeta o teor da matéria orgânica do solo e diminui a densidade de solo.

Embora existam muitos estudos sobre a estimativa da taxa de infiltração de água no solo, ainda não existe uma conclusão geral sobre qual o melhor modelo para sua determinação. A utilização de infiltrômetro se popularizou na determinação das características hidrodinâmicas do solo relacionadas com a infiltração. Por isso, devido à importância de se quantificar por meio de métodos simples e capazes de representar, adequadamente, as condições naturais em que se encontra o solo, utilizam-se principalmente infiltrômetros duplo-anel ou simples-anel. A vantagem do primeiro sobre o segundo é de minimizar as infiltrações laterais, mantendo o fluxo na direção vertical. A sua desvantagem é a de ser uma operação mais complicada, principalmente porque necessitam de maiores volumes de água (LIMA & SILANS, 1999; PAIXÃO et al., 2004). Porém, FORSYTHE (1975) afirma que este método (anéis concêntricos com carga variável) superestima os valores em cerca de dez vezes, devido ao efeito da carga hidráulica sobre o solo.

3 CAPÍTULO I

Atributos físico-hídricos indicadores da qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico da região do cerrado no Sul do Piauí sob diferentes sistemas de manejo¹**Physical-hydric attributes indicators of the quality of a dystrophic Yellow Latossolo of a cerrado region of the in the Piauí State under different management systems**

Wilton Fontenele² Adeodato Ari Cavalcante Salviano³

Resumo: No cerrado piauiense, os Latossolos são as unidades mais representativas de solos e por isso tem sido intensivamente incorporados ao processo produtivo agrícola. No entanto, a adoção de práticas de manejo inadequadas, na exploração agrícola com cultivos anuais, tem sido observada na região dos cerrados. O objetivo deste trabalho foi verificar alterações em atributos físico-hídricos indicadores de qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo: plantio direto; plantio convencional e área recém-desmatada comparado à área de cerrado nativo. Foram coletadas amostras de solo na Fazenda Progresso no município de Uruçuí, PI, nas profundidades de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm, para avaliação da estabilidade de agregados em água, densidade do solo, matéria orgânica. Foi também avaliada a taxa de infiltração de água com uso de anéis concêntricos. Os dados foram submetidos à análise de variância num delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. O plantio convencional que tem uso antigo na área, reduziu a estabilidade de agregados em água e o plantio direto, de uso recente, não apresentou melhoria

¹ Parte da dissertação apresentada a Universidade Federal do Piauí, para obtenção do grau de mestre em Produção Vegetal.

² Engenheira Agrônomo, Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias, Campus Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

³ Professor, Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Federal do Piauí, Campos Agrícola da Socopo, Teresina, PI.

na agregação do solo em relação ao cerrado nativo. Os índices DMP, DMG e IEA apresentam bom desempenho em indicar alterações decorrentes da adoção de sistemas de manejo distintos em relação ao cerrado nativo. A maior taxa de infiltração de água no solo ocorre no cerrado nativo e, o sistema plantio direto proporciona valores de taxa de infiltração de água no solo superiores aos do preparo convencional.

Palavras-chave: estabilidade de agregados, taxa de infiltração, cerrado nativo, plantio direto, plantio convencional.

Abstract: In the Cerrado areas of the Piauí, Latosols are the most representative soils unit, being, for this reason, intensively incorporated to the agricultural productive process. There, the use of inadequate practices in the annual agricultural exploration with annual cropping system has been observed. The objective of this work was to verify the changes in some physical-hydrological quality indicators of a Dystrophic Yellow Latosol under different crop management systems: direct planting; conventional planting and recently-deforested area, compared to a native cerrado area. Soil samples were collected in the Progresso Farm, located in Uruçuí, PI, in the 0 - 5; 5 - 10; 10 - 20 and 20 - 40 cm depths, for evaluating the aggregate stability in water, the soil density and organic matter. The water infiltration rate, in the agricultural systems was evaluated, using concentric rings. The analysis of variance a completely randomized design, in 4x4 factorial arrangement. The averages of the treatments were compared by the Tukey test, at 5% probability. The conventional system being used for many years in the area reduced the aggregates stability in water, and the recently used direct planting did not present improved the soil aggregation, compared to the native cerrado soil. The indices PMD, GMD and AEI were good indicators of the changes resulting from the different cropping systems, compared to the native cerrado. The highest water

infiltration rate happen at the native cerrado soil but the direct planting system provid higher water infiltration rate than conventional planting.

Key-words: aggregate stability, water infiltration rate, native cerrado, direct planting, conventional planting.

3.1 Introdução

Um sistema agrícola sustentável requer uma estratégia de manejo que engloba, entre outros fatores, a manutenção e/ou busca de melhoria da qualidade de seus solos. No Brasil, de maneira geral, a vegetação natural vem sendo substituída por culturas agrícolas, pastagens e espécies florestais de rápido crescimento, notadamente nas áreas sob vegetação de cerrado. O Cerrado Brasileiro é considerado, depois Floresta Amazônica, o maior ecossistema do país, em termos de dimensão (2 milhões de km²), ocupando cerca de 20% do território nacional (ROCHA, 1997).

Cerrados piauienses é o quarto mais importante do Brasil e o primeiro do Nordeste, ocupam aproximadamente 11,5 milhões de hectares, o que corresponde a 46% da área do Estado, sendo 5 milhões agricultáveis e 3 milhões adequados ao cultivo em grande escala. Com aproximadamente 4% da sua área agricultável explorada, é considerada a última fronteira agrícola do Brasil (FUNDAÇÃO CEPRO, 1992).

No cerrado piauiense, os Latossolos são as unidades mais representativas de solos. De maneira geral, os Latossolos amarelos são solos com maior expressão geográfica, bastantes intemperizados, profundos, ácidos e de baixa fertilidade, porém com boas condições físicas, condicionados por teores de argila predominantemente na faixa de 18% a 40%, densidade do solo relativamente alta (1,30 a 1,60 g.cm⁻³) o que implica em porosidade mais baixa em relação a outros Latossolos. Embora apresentem graves limitações quanto à fertilidade natural, ocorrem em relevo plano ou suave ondulado, o que os torna bastante apropriados para atividades agrícolas intensivas, sendo excepcionalmente produtivos quando utilizados sob

sistemas de manejo tecnificados, com a correção da acidez, o aumento da fertilidade e o controle da erosão.

Porém, a adoção de práticas de manejo inadequadas, na exploração agrícola com cultivos anuais, tem sido observada na região dos cerrados. O manejo convencional do solo tem provocado encrostamento superficial, devido à intensa mecanização, pulverização, e conseqüente compactação, diminuindo a qualidade deste. De forma geral, os preparos convencionais rompem os agregados na camada preparada e acelera a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (Carpenedo & Mielniczuk, 1990), influenciando a infiltração, retenção de água, aeração, selamento e encrostamento superficial, o que tem levado a diminuição da produtividade das pastagens e culturas e a conseqüente degradação ambiental (BERTOL et al., 2004). Estas alterações podem requerer ajustes, os quais devem ocorrer de acordo com a região, em decorrência das diferenças no manejo e no sistema de cultivo empregado ou de fatores ligados ao clima e ao solo.

A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar alterações em atributos físico-hídricos indicadores de qualidade de solo em decorrência de adoção de sistemas de manejo em área de cerrado nativo, através da avaliação da estabilidade de agregados, densidade do solo, matéria orgânica e taxa de infiltração de água, atributos com melhor desempenho em indicar tais alterações, num Latossolo Amarelo distrófico do sul do estado do Piauí.

3. 2 Material e Métodos

A área de estudo está localizada na Fazenda Progresso, Município de Uruçuí, PI, mesorregião do cerrado do sudoeste do Estado do Piauí, com altitude de 470m, localizada nas

coordenadas geográficas 7° 29' S e 44° 14' W. Gr. O clima da região é Aw (tropical úmido) no sistema de Köppen, com estação chuvosa no verão, com temperatura média anual de 26,5°C e umidade relativa entre 60 e 80%. A precipitação média anual é de 1.200 mm, distribuídas entre os meses de outubro a abril, apresentando-se no período de janeiro a março o trimestre mais chuvoso e ocorrência de veranicos. A vegetação original do tipo cerrado e o solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura média (JACOMINE, 1986; EMBRAPA, 1999).

Foram selecionadas parcelas (uma para cada sistema de manejo em estudo) em áreas com características morfoedológicas semelhantes e, avaliados quatro sistemas de uso e manejo do solo, conforme descrição, a saber: Preparo Convencional (PC) estabelecido em área desmatada há aproximadamente vinte anos e cultivada sob sistema de preparo convencional com revolvimento intensivo do solo. A partir do ano agrícola 2001/2002 vem sendo cultivada com soja, utilizando no preparo do solo grade pesada, intermediária e niveladora, sendo que no ano de 2002/2003 foi feito também uma subsolagem. No ano agrícola 2001/2002 o solo foi corrigido com três toneladas de calcário (PRNT 70 a 75%) e no ano seguinte com uma tonelada de gesso; Plantio Direto (PD) área com mesmo histórico de uso e manejo da área de preparo convencional até o ano agrícola 2001/2002. No ano agrícola 2002/2003 foi implantado o sistema plantio direto com o cultivo da soja, utilizando o milho na formação da palhada; Área recém-desmatada (ARD), área não cultivada, mas perturbada pelo desmatamento mecanizado, onde amostragem do solo foi realizada quinze dias após desmatamento; Cerrado Nativo (CN) área sob vegetação de cerrado, empregada como referência, por se tratar de um sistema em equilíbrio e sem histórico de intervenção humana. A amostragem do solo nos diferentes sistemas de manejo foi efetuada no ano agrícola de 2004/2005.

Em cada sistema de manejo foram abertos, aleatoriamente, quatro mini-perfis com 60 cm de profundidade, 50 cm de largura e 80 cm de comprimento, cada um destes constituindo uma repetição. Nas profundidades de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20 e 20 – 40 cm foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta por profundidade. Para obtenção das amostras na área de cerrado nativo, foi definido, no terço médio, um transecto de aproximadamente 200m, ao longo do qual foram selecionados oito pontos de coleta (dois por repetição), nos quais foram abertos os mini-perfis e, nestes também, por profundidade, foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta.

Para avaliar os atributos físicos, nos diferentes sistemas de manejo, amostras de solo, em cada profundidade, foram retiradas, etiquetadas e acondicionadas em sacos plásticos. Logo após, as amostras foram preparadas para determinação da matéria orgânica (MO) pelo método indireto do carbono orgânico total (método Walkley & Black), com aquecimento externo, como descrito por YEOMANS & BREMNER (1988). Também foram coletadas amostras, com auxílio de anéis volumétricos com capacidade de 163 cm³ e procedendo-se, posteriormente, à determinação da densidade do solo conforme o método do anel volumétrico descrito por EMBRAPA (1997).

As amostras de solo para determinação da estabilidade de agregados foram coletadas e acondicionadas de modo que os agregados não sofressem deformação. Foram obtidos agregados menores que 4,76 mm, passando-os em peneiras de 20 cm de diâmetro com abertura de malha de 4,76 mm e retida na de 2,00 mm. A estabilidade de agregados foi obtida por meio do tamisamento a úmido pelo método fundamentado em Yoder (1936), após pré-umedecimento lento por capilaridade (CASTRO FILHO et al., 1998). Foram usadas peneiras com 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25mm de abertura de malha, levadas para o aparelho de oscilação vertical graduado para uma amplitude de 4 cm de altura e uma frequência de 32 oscilações por minuto e submetidas à peneiragem durante 10 minutos (EMBRAPA, 1997). Quantificou-

se o solo retido em cada peneira e, ainda, aquele que passou através da última peneira, obtendo-se cinco classes de agregados (4,76 – 2; 2 – 1; 1 – 0,5; 0,5 – 0,25; menores de 0,25mm), cujos diâmetros médios eram, respectivamente, 3,0; 1,5; 0,375 e 0,125mm para as amostras preparadas quando vinda do campo. Os valores obtidos foram usados para cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), da seguinte maneira:

$$\text{DMP} = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot w_i) \quad (1)$$

em que:

w_i = proporção de cada classe em relação ao total;

a_i = diâmetro médio das classes (mm).

$$\text{DMG} = \text{EXP} \frac{\sum_{i=1}^n w_p \cdot \log a_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

em que:

w_p = peso dos agregados de cada classe.

$$\text{IEA} = 100 \times \frac{a - w_p 25}{b} \quad (3)$$

em que:

a = peso do agregado a 105 °C;

$w_p 25$ = peso dos agregados da classe 0,25mm;

b = peso da amostra seca a 105 °C.

A determinação da taxa de infiltração de água no solo foi realizada em junho de 2005, obtida no terço médio das áreas de sistemas de uso e manejo trabalhados. Foram feitas aleatoriamente três repetições em cada área de estudo, utilizando-se o método de duplos anéis concêntricos com cargas variáveis, as leituras de lâmina infiltrada sendo realizadas nos tempos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 min após o início do processo, segundo método adotado por CAUDURO & DORFMAN (1988).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 4x4. As fontes de variação foram: os sistemas de manejos (parcelas), as profundidades (subparcelas) e suas interações. As análises estatísticas foram efetuadas pelo uso do software estatístico SAS (1986). As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5%.

3.3 Resultados e Discussão

Os efeitos da interação entre os sistemas de manejo e de quatro profundidades do solo nos valores do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA), densidade do solo e teor de matéria orgânica nos diferentes sistemas de manejo estudados, com sua respectiva análise estatística encontra-se na Tabela 2.

O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados variou entre os sistemas de manejo, sendo observadas diferenças significativas em todas as profundidades estudadas. Os maiores valores absolutos de DMP foram encontrados no CN, com 2,19 mm na profundidade 10 – 20 cm (P_3), 2,11 mm na profundidade de 20 – 40 cm, 2,05 mm na profundidade de 05 – 10 cm e 2,02 mm na camada superficial. Como também, a ARD apresentou DMP com valores absolutos sempre maiores aos amostrados pelos sistemas PD e PC, mas estatisticamente igual ao sistema CN, apenas na profundidade de 5 – 10 cm (P_2). Os sistemas PD e PC apresentaram valores de DMP que diferiram estatisticamente dos maiores valores apresentados. A adoção do sistema plantio direto resultou em diminuição do DMP nas quatro profundidades amostradas, com valores variando de 0,98 mm na profundidade de 20 – 40 cm a 0,64 mm na camada superficial. Como também, após três anos do sistema plantio direto, os valores de DMP, foram semelhantes estatisticamente aos encontrados no plantio convencional nas quatro profundidades amostradas, e com valores bastante inferiores aos encontrados tanto no CN quanto na ARD.

Esse mesmo padrão, também foi observado quando a estabilidade de agregados foi expressa pelo diâmetro médio geométrico (DMG), com os valores obtidos no sistema CN sempre maiores ao do PD e PC (Tabela 2). O sistema PD reduziu os valores de DMG em 28, 26, 28 e 23 %, respectivamente, para as profundidades de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm, e os valores do índice DMP em 68, 62, 63 e 54 %, na mesma ordem em relação ao CN.

Com relação ao índice de estabilidade de agregados (IEA), verifica-se, na tabela 2, que os sistemas CN e ARD foram os que apresentaram os valores mais elevados, não diferindo estatisticamente entre si, mas diferindo dos sistemas PD e PC. Observa-se, que o CN apresentou o maior valor de IEA. Considerando os valores de IEA do sistema CN como sendo o valor máximo obtido para este solo, verifica-se que, após 20 anos de cultivo e 3 anos de adoção do plantio direto, houve uma redução deste índice de 24 % nas profundidades P₂ e P₃, como também, de 19 e 18 %, respectivamente, em P₁ e P₄, no sistema PD comparado ao CN. Após três anos, os valores demonstram que o pouco tempo de adoção deste sistema não proporcionou a manifestação de melhoria nos índices de DMP, DMG e IEA determinados como representativo do estado de agregação no solo. Isso está de acordo com CRUZ et al. (2003) na avaliação de um Argissolo Vermelho sob sistema de manejo constataram que o sistema PD não apresentou melhorias significativas na agregação do solo em relação ao sistema PC estudado, após três anos de condução. Como também, ALBUQUERQUE et al. (2005) avaliando sistemas de cultura com plantio reduzido (PR), PC e CN, constataram que após cinco anos de utilização do PR, o DMP (3,09mm) foi semelhante à do PC (3,34mm) e abaixo do CN (4,34mm), diferente do esperado aumento quando se utilizaram sistemas conservacionistas de preparo. Concluindo que a não recuperação da estabilidade dos agregados no sistema conservacionista pode estar relacionada com o curto período de utilização dos diferentes sistemas de manejo.

No presente estudo, os valores mais elevados dos parâmetros de agregação (DMP, DMG e IEA) no sistema cerrado (CN) quando comparados aos sistemas PD e PC é resultado de uma situação mais equilibrada encontrada nesse sistema, vez que não existe movimentação do solo por implementos agrícolas com sua conseqüente desagregação, à semelhança de constatação feita por MENDES et al.(2003) onde observaram maior estabilidade de agregados no Cerrado do que no PD, tendo no PC o sistema com menor estabilidade de agregados, o que

difere em parte deste estudo, já que os menores valores de índices de agregação, foi no sistema PD, embora estatisticamente não haja diferença significativa com relação ao PC (tabela 2). Como também, resultados similares de D'ANDRÉIA et al. (2002) constataram que a adoção de um sistema de manejo com grande movimentação do solo por longo tempo contribuiu para redução da estabilidade de agregados em água, ao contrário de sistemas agrícolas mais conservacionistas, como PD, que mantiveram a agregação em níveis semelhantes aos do CN. Portanto, o longo período de tempo (20 anos) de revolvimento intensivo do solo com o uso de grade pesada, intermediária e niveladora, provocando a degradação de sua estrutura original, casado com aumento da densidade do solo e o baixo teor de matéria orgânica (Tabela 2) apresentado na amostragem do solos nos sistemas PD e PC, conforme descrito por CARPENEDO & MIELNICZUK (1990), pode muito bem explicar os baixos valores apresentados de índice de estabilidade de agregação destes sistemas em relação à ARD e, principalmente, quando comparada ao CN.

O efeito da profundidade sobre os índices de estabilidade de agregados foi significativo para os valores médios do DMP, DMG e IEA, verificando-se, na tabela 2, que a profundidade P₄ foi a que apresentou os valores mais elevados de DMP (média de 1,46 mm), diferindo-se da profundidade P₁ com valores menores (média de 1,29 mm), mostrando que houve um aumento dos valores de DMP com a profundidade no perfil do solo amostrado. Com relação ao DMG verificou-se diferenças significativas dos valores médios na profundidade P₄, com valores maiores (média de 4,73 mm), em relação à profundidade P₁ com média de 4,54 mm, embora não ocorra diferença estatística entre a média dos valores na profundidade P₂, P₃ e P₄. O mesmo procedimento foi detectado com relação ao IEA, com valor médio na profundidade P_a (84,83%) maior que P₂ (80,82%) e não diferindo estatisticamente com P₂ e P₃.

Os valores de densidade do solo (tabela 2) mostram que os sistemas PD e PC, não apresentaram diferenças estatísticas entre si ao longo do perfil amostrado em todas as profundidades. Porém, foram superiores ao da ARD. Já na camada superficial P₁ os valores da Ds nos sistemas PD, PC e CN não diferiram entre si, demonstrando que tanto o sistema convencional de manejo como o plantio direto não alteraram este parâmetro nesta profundidade em comparação com o cerrado. Mas na profundidade P₂ e P₄ o PD apresenta valores significativamente maiores em comparação ao CN, mesmo sem diferir estatisticamente do PC. E, que estes resultados podem ser decorrentes do efeito do uso contínuo ao longo de vários anos, de máquinas e implementos agrícolas no sistemas cultivado, e do revolvimento do solo no sistema ARD que ocasionou a menor densidade em relação aos sistemas PD e PC nas diferentes profundidades e inclusive em relação ao CN, exceto da profundidade P₃(10-20 cm).

Neste solo de textura média (Tabela 1), constatou-se pelos resultados da amostragem no perfil, que no sistema PC e também no sistema PD, com adoção há pouco mais de 3 anos, houve aumento na densidade do solo, que conforme TORMENA et al. (1998) pode geralmente ocorrer nos primeiros anos, em decorrência da acomodação e que posteriormente pode diminuir, em virtude do incremento de matéria orgânica. Porém, SECCO et al. (2005) encontraram valores maiores de Ds nos tratamentos com menor mobilização do solo (PD contínuo; PD com escarificação cada 03 anos; PD no verão com escarificação outono/inverno) e plantio conservacionista, quando comparado ao PC (arado de disco mais grade niveladora), mostrando que o aumento da Ds nos sistemas conservacionistas (STONE & SILVEIRA, 2001; CRUZ et al., 2003; BERTOL et al., 2004) tende a se manifestar com mais intensidade quando da sua adoção.

Com relação à matéria orgânica (MO) os valores maiores apresentados nas profundidades P₁ e P₄ no sistema ARD, deve ser encarado como uma exceção já que além do

desequilíbrio promovido no solo com a retirada de raízes pelo revolvimento em função do desmatamento, a permanência dos restos vegetais sobre a camada superficial por ocasião da coleta de amostra, pode ter influenciado no resultado. Embora, outros estudos comprovem que o desequilíbrio no solo provocado pelo desmatamento, favorece a oxidação da matéria orgânica do solo (MENDES et. al, 2003).

Tabela 1. Efeito da interação entre os sistemas de manejo e de quatro profundidades do solo nos valores médios do diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA), densidade do solo e teor de matéria orgânica em função dos diferentes sistemas de manejo.

Sistema de manejo ⁽¹⁾	DMP -----mm-----	DMG	IEA %	Densidade do solo g.cm ⁻³	Matéria orgânica dag.kg ⁻¹
(P ₁) 0 – 5 cm					
PD	0,64 C	3,84 C	68,63 B	1,43 A	3,40 BA
PC	0,86 C	4,07 C	74,30 B	1,45 A	3,06 B
ARD	1,62 B	4,89 B	87,30 A	1,10 B	4,60 A
CN	2,02 A	5,35 A	93,04 A	1,31 A	2,93 B
Média	1,29 b	4,54 b	80,82 b	1,32 b	3,50 a
R ²	96,78	96,51	87,56	82,33	62,56
CV	9,16	2,94	5,26	5,58	16,78
(P ₂) 5 – 10 cm					
PD	0,78 B	4,00 B	74,90 B	1,45 A	2,90 A
PC	0,66 B	3,86 B	65,43 B	1,43 A	2,63 A
ARD	1,89 A	5,26 A	94,30 A	1,21 B	2,72 A
CN	2,05 A	5,41 A	94,61 A	1,26 B	2,16 A
Média	1,34 b	4,63 ba	82,31 ba	1,34 b	2,60 b
R ²	96,96	96,64	88,13	70,10	40,51
CV	9,57	3,24	6,49	5,78	14,62
(P ₃) 10 – 20 cm					
PD	0,79 C	3,99 C	72,50 B	1,51 A	3,10 A
PC	0,80 C	4,02 C	75,88 B	1,56 A	2,07 BA
ARD	1,82 B	5,21 B	93,88 A	1,28 B	2,28 BA
CN	2,19 A	5,55 A	96,30 A	1,35 B	1,80 B
Média	1,40 ba	4,69 a	84,64 ba	1,42 a	2,30 b
R ²	97,98	98,34	91,97	92,14	50,63
CV	7,30	2,22	4,25	2,70	28,34
(P ₄) 20 – 40 cm					
PD	0,98 C	4,22 C	76,83 B	1,51 A	1,34 B
PC	0,97 C	4,21 C	77,40 B	1,45 BA	1,45 B
ARD	1,79 B	5,05 B	89,90 A	1,31 B	2,41 A
CN	2,11 A	5,46 A	95,21 A	1,35 B	1,34 B
Média	1,46 a	4,73 a	84,83 a	1,40 a	1,60 c
R ²	95,33	95,56	90,71	89,90	58,19
CV	8,77	2,83	3,46	5,15	27,68

Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letras maiúsculas comparam sistemas de manejo dentro das profundidades e minúsculas comparam o valor médio dos indicadores em cada profundidade. ⁽¹⁾ PD: Plantio direto; PC: Preparo convencional; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo; Coeficiente de determinação: R²; Coeficiente de variação: CV.

Os teores de matéria orgânica observados no PD em relação aos demais sistemas, inclusive aos do CN, exceto à ARD nas profundidades P_1 e P_4 , mostram uma tendência do plantio direto no acúmulo de matéria orgânica pela menor movimentação do solo. O revolvimento do solo expõe a matéria orgânica à ação dos microrganismos, provocando sua diminuição que, normalmente, é acompanhado por perdas na qualidade estrutural do solo. Operações de preparo do solo modificam o conteúdo de matéria orgânica causando mudanças na estabilidade estrutural (TISDALL & OADES, 1982). Já, a ocorrência de valores sem diferir entre o sistema PD e o sistema PC de longo período de cultivo em área de cerrado nativo, pode estar relacionado com o tempo de adoção do plantio direto, apenas 3 anos, e ainda cedo para manifestar alterações. Isso está de acordo com D'ANDRÉA et al. (2004) quando afirmam que a introdução recente de PD ou o sistema PC de longo período de duração em áreas de cerrado nativo, pode não causar alterações significativas na matéria orgânica.

A taxa de infiltração é um dos melhores parâmetros para avaliar a qualidade estrutural do solo. Ela reflete o efeito de todas as propriedades do solo que influem combinadamente sobre a infiltração da água, que é controlada pela propriedade com maior grau de limitação (FORSYTHE, 1975). As taxas de infiltração de água no solo da área de Cerrado Nativo (CN), Área Recém-Desmatada (ARD), Plantio Convencional (PC), Plantio Direto (PD) e respectivos coeficientes de determinação são apresentados na Figura 1.

A infiltração de água no solo observadas na média das três repetições realizadas em cada área, demonstra que as maiores taxas obtidas de infiltração de água no solo, ao fim de duas horas, ocorreram na área de cerrado nativo (35,60 cm/h) e área recém-desmatada (28,10 cm/h). por outro lado, as menores taxas de infiltração ocorreram no sistema plantio direto (8,67 cm/h) e plantio convencional (5,73 cm/h).

Os valores apresentados no CN foram cerca de cerca de quatro vezes maiores do que no PD e seis vezes em relação ao PC, comportamento esse, que pode ser explicado pelos

menores valores obtidos de densidade do solo (tabela 2) no cerrado nativo e maior estabilidade de agregação devido à manutenção da estrutura original com a presença em maior quantidade de macroagregados, resultado de uma situação mais equilibrada encontrada nesse sistema, uma vez que não existe movimentação do solo por implementos agrícolas com sua conseqüente desagregação, além da presença de uma rizosfera mais ativa, propiciada tanto pela diversidade de espécies vegetais e arbustivas como graminóides existentes (D'ANDRÉA et al., 2002). A redução sensível da taxa de infiltração das áreas trabalhadas em relação ao solo sob mata, verificada no presente estudo, está de acordo com as afirmativas de alguns autores (SILVA & KATO, 1998; ALVES SOBRINHO et al., 2003). A cobertura vegetal afeta positivamente a capacidade de infiltração de água no solo.

Os valores da taxa de infiltração de água no solo, tanto inicial quanto final, foram altos em todos os tratamentos (tabela 3). Fato que pode ser devido à metodologia aplicada para avaliar a infiltração de água neste estudo (infiltrômetro de anéis concêntricos, com carga variável), que superestima os valores em cerca de dez vezes (FORSYTHE, 1975), devido ao efeito da carga hidráulica ocasionada pela lâmina de água presente sobre o solo. Portanto, os valores apresentadas na tabela 3 devem ser divididos por dez para se obter a atual taxa de infiltração de água no solo. Conforme PRUSKI et al. (1997) os valores de infiltração básica devem ser analisados com cuidado, quando se avalia a maior, ou menor, taxa de infiltração, pois o infiltrômetro de cilindros concêntricos, utilizado neste estudo, apresenta, geralmente, resultados superiores aos do infiltrômetro de aspersão, que utiliza chuva artificial.

O sistema plantio direto quando comparado ao plantio convencional, teve uma maior taxa de infiltração de água no solo, tanto inicial como final, na média dos três testes (Figura 1). Fato comprovado por vários autores, BARCELOS et al. (1999) relataram que os preparos conservacionistas de solo (sistema plantio direto e cultivo mínimo) resultaram em capacidades de infiltração de água no solo, avaliados pelo método da chuva simulada,

superiores às do preparo convencional, exceto no período imediatamente após o preparo de solo. Como também, ALVES & CABENA (1999) concluíram que a infiltração acumulada e a taxa de infiltração básica foram maiores no sistema de plantio direto. ALVES SOBRINHO et al. (2003) pesquisando a infiltração de água no solo sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional (grade aradora e duas operações com grade niveladora), observaram que o plantio direto apresentou valores de taxa de infiltração superiores ao preparo convencional.

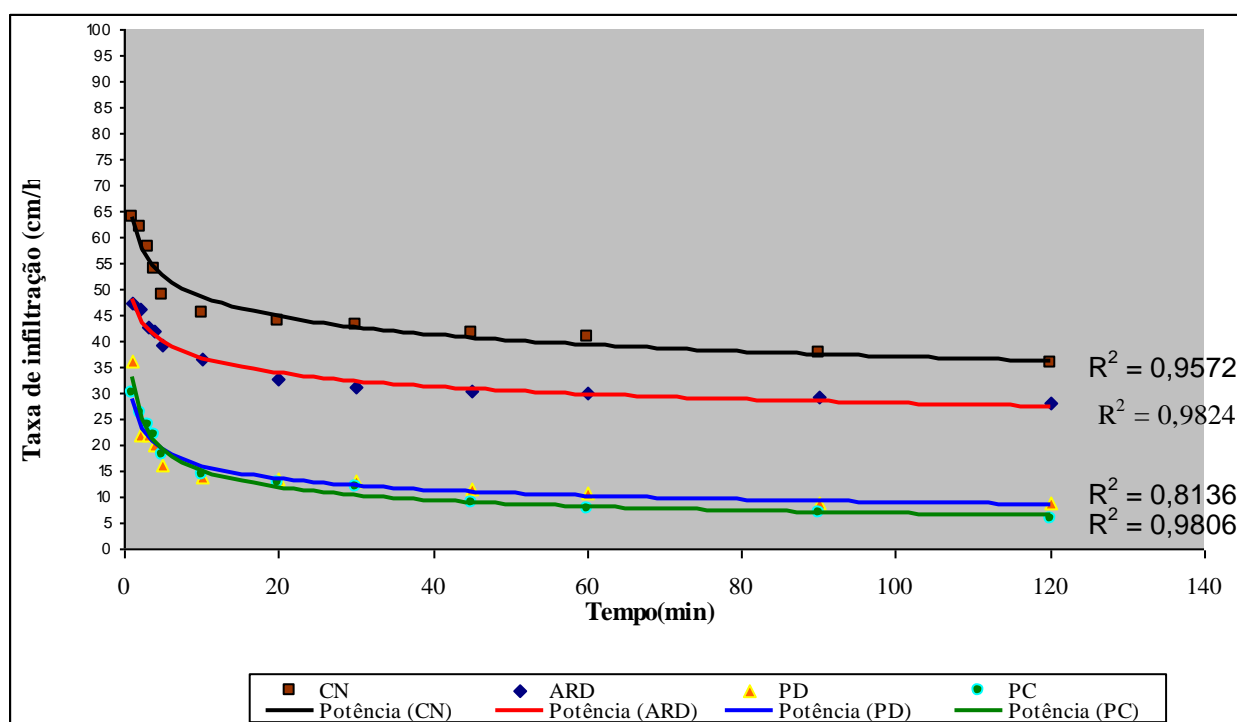


FIGURA 1. Taxa de infiltração de água de um Latossolo Amarelo distrófico típico submetido a diferentes sistemas de manejo da região do cerrado no Sul do Piauí (Uruçuí, PI).

3.4. Conclusões

A adoção de sistema de manejo de movimentação intensiva do solo por longo período em área originalmente de cerrado nativo, degradou suas propriedades físicas, contribuindo para redução da estabilidade de agregados em água, comprometendo inclusive uma melhor resposta de qualidade estrutural do solo com a adoção de sistemas conservacionistas.

Os sistemas cultivados em relação ao cerrado proporcionaram a fragmentação dos agregados (diminuição de macroagregados e aumento de microagregados), que se refletiu em menores valores de DMP, DMG e IEA de agregados, que apresentaram bom desempenho em indicar alterações decorrentes da adoção de sistemas de manejo distintos em relação ao cerrado nativo.

O sistema convencional de longa duração e o sistema plantio direto com adoção recente não apresentaram melhorias na agregação do solo significativas em relação ao cerrado nativo. O sistema convencional de longa duração reduziu a estabilidade de agregados.

A maior taxa de infiltração de água no solo ocorreu no cerrado nativo, seguido da área recém-desmatada e plantio direto, com o sistema convencional apresentando menor capacidade de infiltração de água do solo.

3.5 Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. & KUNTZE, M. A. G. **Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistema de preparo e plantas de verão párea cobertura do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n. 3, p. 415-424, 2005.

ALVES, M. C. & CABENA, M. S. V. **Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando-se chuva simulada com duas intensidades.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.3, p. 753-761, 1999.

ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. **Infiltração de água no solo em sistemas plantio direto e convencional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n. 2, p. 191-196, 2003.

BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A. & DENARDIN, J.E. **Infiltração de água em um Latossolo Vermelho escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.1, p. 35-43, 1999.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. S.; LEITE, D.; AMARAL, A. & ZORDAN JUNIOR, W.A. **Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n. 2, p. 337-345, 2004.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. **Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxo, submetidos a diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

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

CAUDURO, F. A. & DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório de campo para irrigação e drenagem.** Porto Alegre, Palloti, 1988. 216p.

CRUZ, A.C. R; PAULETTO, E. A.; FLORES, C.A. & SILVA, J.B. **Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

D'ANDRÉA, A.F. et al. **Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo dos cerrados no sul do Estado de Goiás.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1074-1054, 2002.

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

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA – Serviço de Produção de Informação (SPI), 1999. 396p.

_____. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212p.**

FORSYTHE, W. **Física de suelos: manual de laboratório.** New York: University Press, 1975. 324p.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Cerrados piauienses.** Teresina, 1992. 64p. (Estudo preliminar).

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí.** Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DERN, v.1, 1986, p 91-95.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S. & GOMES, A. C. **Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto no cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.3, p. 327-336, 2003.

PRUSKI, F. F. et al. **Infiltração da água no solo.** Engenharia na Agricultura. Caderno Didático 25, 1997.

ROCHA, C. M. C. da. A região dos cerrados e as pesquisas desenvolvidas pela EMBRAPA CERRADOS. In: Simpósio sobre os Cerrados do Meio Norte, 1, 1997, Teresina. **Anais.** Teresina: EMBRAPA, CPAMN, 1997. p. 57 – 80.

SILVA, L. C.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da **infiltração da água em solo sob cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n.07, p. 1149-1158, 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1986. **System for linear models.** SAS institute. 211p.

STONE, L. F. & SILVEIRA, P. M. **Efeito 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. 3, p. 395-401, 2001.

TISDALL, J. M. & OADES, L. **Organic matter and water stable aggregates in soil.** The Journal of Soil Science, London., v. 33 (2), p. 141-163, 1982.

TORMENTA, C. A.; ROLOFF, G. & SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.2, p. 301-309, 1998.

YODER, R. A direct method of **aggregates analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses.** Journal of American Society of Agronomy, v. 28 (5), p. 336-351, 1936.

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

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. & FONTINELLI, F. **Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. & KUNTZE, M. A. G. **Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistema de preparo e plantas de verão párea cobertura do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n. 3, p. 415-424, 2005.

ALVES, M. C. & CABENA, M. S. V. **Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando-se chuva simulada com duas intensidades.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.3, p. 753-761, 1999.

ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. **Infiltração de água no solo em sistemas plantio direto e convencional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n. 2, p. 191-196, 2003.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C. & WILDNER, L. do P. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A. & DENARDIN, J.E. **Infiltração de água em um Latossolo Vermelho escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.1, p. 35-43, 1999.

BERTOL, I. et al. **Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo.** Sci. A. Agric., Piracicaba, v. 58, n. 3, 2001.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. S.; LEITE, D.; AMARAL, A. & ZORDAN JUNIOR, W.A. **Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n. 2, p. 337-345, 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. **Relação entre alguns atributos físicos e a produção de soja e arroz de sequeiro em Latossolos.** Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p. 365-371, 2004.

BEUTLER, A. N. et al. **efeito da compactação na estabilidade de agregados e no conteúdo gravimétrico de água.** Acta Sci Agron, Maringá, v.27, n.2, p. 193-198, 2005.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos.** 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

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

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. S.; 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 Roxo, submetidos a diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, E. J. M.; FIG, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. de S.; COSTA, L. M. **Comportamento físico-hídrico de um Pozólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 2, p.257-265, 1999.

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

CAUDURO, F. A. & DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório de campo para irrigação e drenagem.** Porto Alegre, Palloti, 1988. 216p.

COELHO, M.R. et al. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C.V. et al. (Eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Embrapa solos, 2002, p. 1-12.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V & WOBETO, C. **Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetada pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.3, p. 527-535, 2003.

CORRÊA, J. C. **Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho em Querência.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n.2, p. 203-209, 2002.

CUNHA, T. J. F. et al. **Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado.** Ciência Rural, Santa Maria, v.1, n.1, p. 27-36, 2001.

CRUZ, A.C.R; PAULETTO, E. A.; FLORES, C.A. & SILVA, J.B. **Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

D'ANDRÉA, A.F. et al. **Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo dos cerrados no sul do Estado de Goiás.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1074-1054, 2002.

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

DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication, 35).

DUMANSKI, J. & PIEREI, C. Land quality indicators research plan. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 81, p.155-162, 2000.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – Serviço de Produção de Informação (SPI), 1999. 396p.

_____. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Manual de métodos de análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212p.

FERNANDES, M. R. **Alterações na estrutura de Latossolos argilosos submetidos ao uso ao uso agrícola**. 1993. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Concentração Água e Solos) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

FORSYTHE, W. **Física de suelos**: manual de laboratório. New York: University Press, 1975. 324p.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Cerrados piauienses**. Teresina, 1992. 64p. (Estudo preliminar).

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DERN, v.1, 1986, p 91-95.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of a of aggregates. In: BLAKE, C.A. (Ed) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1965. p. 499-510.

LIMA, C. A. G. & SILANS, A. P. **Variabilidade espacial da infiltração de água no solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n.12, p. 2311-2320, 1999.

MARCOLAN, A. L. **Atributos físicos e químicos de um Argissolo e rendimento de culturas em função do seu revolvimento na reaplicação de calcário no sistema plantio direto.** 2002. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Concentração Solos)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARCOLAN, A. L. & ANGHINONI, I. **Atributos físico de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.30, n. 1, p. 163-170, 2006.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S. & GOMES, A. C. **Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto no cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.3 , p. 327-336, 2003.

MORETI, D. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho cultivado com feijão e algodão, sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura.** 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- UNESP, Ilha Solteira, São Paulo.

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.

PAIXÃO, F. J. R. da; ANDRADE, R. S. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; SILVA, J. M. da; COSTA, T. L; FEITOSA, R. M. **Estimativa da infiltração de água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares.** Revista de Biologia e Ciência da Terra, v. 5, n. 1, 2004.

PALMEIRA, P. R. T. et al. **Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n. 2, p. 189-195, 1999.

PRUSKI, F. F. et al. **Infiltração da água no solo.** Engenharia na Agricultura. Caderno Didático 25, 1997.

ROCHA, C. M. C. da. A região dos cerrados e as pesquisas desenvolvidas pela EMBRAPA CERRADOS. In: Simpósio sobre os Cerrados do Meio Norte, 1., 1997, Teresina. **Anais**. Teresina: EMBRAPA, CPAMN, 1997. p. 57 – 80.

SALES, L. E. de O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S. de & CURY, N. **Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n.11, p. 2091-2095, 1999.

SALVIANO, A. A. C. **Determinação de propriedades físicas de um solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico sob diferentes sistemas de cultivo**. 1981. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Concentração Solos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SECCO, D. et al., 2005. **Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SILVA, A. J. N. da; CABEDA, S. V. & LIMA, F. W. F. **Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n. 6, p. 833-842, 2005.

SILVA, L. C.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da **infiltração da água em solo sob cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n.07, p. 1149-1158, 1998.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS) 1986. **System for linear models**. SAS institute. 211p.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. **Compactação do solo na cultura do feijoeiro. 1: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, p. 207-212, 2002.

STONE, L. F. & SILVEIRA, P. M. **Efeito 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. 3, p. 395-401, 2001.

TISDALL, J. M. & OADES, L. **Organic matter and water stable aggregates in soil.** The Journal of Soil Science, London., v. 33 (2), p. 141-163, 1982.

TORMENTA, C. A.; ROLOFF, G. & SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.2, p. 301-309, 1998.

YODER, R. A direct method of **aggregates analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses.** Journal of American Society of Agronomy., v. 28 (5), p. 336-351, 1936.

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