

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DISCRIMINAÇÃO DE ARGISSOLOS E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE DE AGREGADOS POR VIAS SECA E ÚMIDA EM
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

MARIA CRISTINA PERUSI

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutora em
Agronomia (Energia na Agricultura).**

**BOTUCATU – SP
setembro-2005**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DISCRIMINAÇÃO DE ARGISSOLOS E AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE DE AGREGADOS POR VIAS SECA E ÚMIDA EM
DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO**

MARIA CRISTINA PERUSI

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Wolmar Aparecida Carvalho

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutora em
Agronomia (Energia na Agricultura).**

**BOTUCATU – SP
setembro – 2005**

*Ao meu pai José Perucci, amor "das minhas vidas..."
pela força e pela alegria que brotam da certeza da
sua presença em mais essa conquista,
dedico.*

Entre os povos antigos que acreditavam que podiam compreender a natureza, os filósofos helênicos tiveram coletivamente a fé na possibilidade de chegar a uma explicação racional do cosmos. Individualmente, cada qual tinha fé em que a sua compreensão do cosmo era a correta. Teráclito acreditava que tudo está para sempre em fluxo, que a realidade é movimento e mudança. Em contraste, Demócrito acreditava que tudo é constituído de partículas duras, a que chamou átomos. Pitágoras acreditava que o universo observado reflete um arranjo ordenadamente inerente de natureza numérica. Aristóteles acreditava que todas as partes do cosmos são arrumadas de acordo com um sistema predestinado, determinado por causas finais. Mas os sábios helênicos não tinham qualquer conhecimento dos fatos para verificar essas crenças. As suas opiniões conceituais da racionalidade e do mundo se baseavam simplesmente na fé.

Dubos (1972)

AGRADECIMENTOS

Pai-Mãe, respiração da vida,
Fonte do som, Ação sem palavras, criador do Cosmos!
Faça sua luz brilhar dentro de nós, entre nós e fora de nós para que possamos
torná-la útil.

Ajude-nos a seguir nosso caminho
Respirando apenas o sentimento que emana do Senhor.
Nosso Eu, no mesmo passo, possa estar com o Seu, para que caminhemos como
reis e rainhas com todas as outras criaturas.

Que o seu e o nosso desejo sejam um só, em toda a luz, assim como em todas as
formas, em toda existência individual, assim como em todas as comunidades.

Faça-nos sentir a alma da Terra dentro de nós, pois, assim, sentiremos a
sabedoria que existe em tudo. Não permita que a superficialidade e a aparência
das coisas do mundo nos iluda, e nos liberte de tudo aquilo que impede nosso
crescimento.

Não nos deixe ser tomados pelo esquecimento de que o Senhor é o poder e a
Glória do mundo, a canção que se renova de tempos em tempos e que a tudo
embeleza.

POSSA O SEU AMOR SER O SOLO ONDE CRESCEM NOSSAS AÇÕES.

Amém.

(Pai-Nosso extraído do Aramaico).

Aos meus amigos, minha família, meu namorado, às Instituições de ensino com as quais tenho vínculo e a todos os profissionais que, cada qual a sua maneira, contribuíram para a realização desse trabalho.

Procurei diversas maneiras para agradecê-los adequadamente. Mas como agradecer adequadamente as palavras de carinho, apoio e otimismo sempre tão generosos, oportunos e necessários? Como agradecer ao empenho e a competência de profissionais que muitas vezes vão além daquilo que lhes cabe com o único intuito de ajudar? Como agradecer as portas de diversas Instituições que se abrem e nos dão condições de todas as ordens para podermos trabalhar? Como agradecer ao abraço forte que acolhe e compreende daquele que o coração um dia escolheu para juntos podermos caminhar? Como agradecer as palavras duras mas tão oportunas daqueles que só querem nos nortear por nos amar? Como agradecer àqueles que, na hora do pranto, delicadamente, socorre e ampara sem nada esperar? Como agradecer as oportunidades de nos tornarmos, supostamente, seres melhores... oportunidades estas que só a vida dá? Como? Na impossibilidade de agradecê-los adequadamente, deleguei essa missão ao Ser Maior. Saibam que meus agradecimentos estão contidos nessa prece que traz em si esperanças milenares...

Renovemos as nossas...

Não preciso dizer, vocês sabem quem são.

Meu obrigada, carinho e reconhecimento.

Cris.

SUMÁRIO		Página
	LISTA DE TABELAS.....	IX
	LISTA DE FIGURAS.....	XI
1	RESUMO.....	1
2	SUMMARY.....	3
3	INTRODUÇÃO.....	5
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1	Estrutura do solo.....	8
4.2	Preparo convencional do solo.....	11
4.2.1	Estabilidade de agregados, preparo do solo e erosão hídrica.....	13
4.2.1.1	Rotação de culturas e os efeitos na conservação do solo....	18
4.3	Alteração de propriedades físicas do solo em função do uso e manejo.....	24
4.3.1	Estrutura do solo e estabilidade de agregados.....	24
4.3.2	Densidade e porosidade do solo.....	30
4.4	Determinação da estabilidade de agregados.....	34
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
5.1	Material.....	42
5.1.1	Histórico agrícola da área piloto.....	43
5.1.2	Descrição geral do município de Anhumas.....	46
5.1.3	Cartas topográficas e mapas pedológico e geológico.....	52
5.1.4	Material de campo.....	53
5.2	Métodos.....	53
5.2.1	Seleção da área de estudo.....	53
5.2.2	Descrição morfológica dos perfis de solo.....	54
5.2.3	Análises físicas e químicas dos perfis de solo.....	54
5.2.4	Determinação de porcentagem de agregados por via seca.....	56
5.2.5	Determinação de porcentagem de agregados por via úmida.....	57
5.2.6	Análise estatística.....	58
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
6.1	Análise morfológica dos perfis de solo.....	60
6.1.1	Descrição geral dos perfis de solo.....	60

6.1.2	Descrição morfológica.....	62
6.2	Análise física de rotina dos perfis de solo.....	65
6.3	Análise química dos perfis de solo.....	69
6.4	Análise de agregados.....	74
7	CONCLUSÕES	94
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Balanço hídrico referente a Presidente Prudente-SP, período de 1984-2003, Latitude 22°07'S; Longitude 51°22W; Altitude 435,5 m.....	49
2	Descrição geral dos perfis de solo estudados no município de Anhumas-SP.....	61
3	Descrição morfológica dos perfis de solo estudados no município de Anhumas-SP.....	63
4	Características físicas dos solos estudados.....	66
5	Características químicas dos solos estudados.....	72
6	Valores do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca (S) e úmida (U), para os usos e os horizontes dos perfis de solo.....	75
7	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo (tratamento).....	76
8	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo (tratamento).....	76
9	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo.....	81
10	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo.....	82
11	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento).....	84

12	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento).....	85
13	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos.....	87
14	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos.....	88
15	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (A, AE, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob floresta para os métodos, via seca e úmida (tratamento).....	90
16	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (Ap, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob pastagem para os métodos, via seca e úmida (tratamento).....	91
17	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (Ap, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob cultura anual para os dois métodos, via seca e úmida (tratamento).....	91
18	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPAmm), obtidos por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob floresta.....	92
19	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob pastagem.....	92
20	Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos Por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob cultura anual.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Localização dos perfis de solo sob floresta (1), pastagem (2) e cultura anual (3), estudados no município de Anhumas – SP.....	43
2	Localização do Sítio São Luis no município de Anhumas – Oeste do Estado de São Paulo.....	44
3	Balço hídrico referente a Presidente Prudente – SP, período de 1984 a 2003, Posto FCT/UNESP.....	50
4	Valores de densidade do solo de horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	68
5	Valores da porosidade total dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	69
6	Valores de cálcio e magnésio dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	70
7	Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual obtidos por via seca.....	77
8	Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual obtidos por via úmida.....	78
9	Teor de matéria orgânica dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	79
10	Teor da fração argila dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	80
11	Representação conjunta do diâmetro médio ponderado de agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual, obtidos por via seca e úmida.....	86

1 RESUMO

Objetivando discriminar ARGISSOLOS e avaliar a estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo, foram estudados perfis de solo sob utilização agrícola e pastagem há mais de vinte e cinco anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais em área que foi pastagem pelo mesmo período e sob floresta para efeito de comparação. Este estudo foi realizado numa propriedade agrícola no município de Anhumas-SP, cuja classe de solo predominante, ARGISSOLO, é representativo da região. Etapas para alcançar os objetivos: **a)** coleta de amostras deformadas e indeformadas para análises físicas e químicas; **b)** determinação da porcentagem de agregados por vias seca e úmida; **c)** cálculo do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA); **d)** classificação dos solos; **e)** análise estatística: análise de variância e teste de médias de Tukey a 5 % de probabilidade. Principais conclusões: classificação dos solos; o teor de matéria orgânica do horizonte A em relação ao solo sob floresta é 64 % menor no solo sob pastagem e 79 % menor no solo sob cultura anual; o teor e o grau de flocculação da fração argila do horizonte A em relação ao solo sob floresta é, respectivamente, 31 % e 39 % menor nos solos sob pastagem e cultura anual; o diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca (S) e úmida (U) do horizonte A e o valor médio para os solos decrescem na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVD – cultura anual, respectivamente, com os valores 1,33560 e 1,445496 (S), 2,81114 e 2,351380 (U); 0,66748 e 1,011830 (S), 2,79642 e 1,624250 (U); 0,32468 e 0,993775 (S), 1,25808 e 0,983135 mm (U); Os dois métodos são igualmente adequados para mostrar o efeito do uso e manejo do solo; a matéria orgânica dá

mais estabilidade aos agregados submetidos ao tamisamento a úmido e a argila ao tamisamento a seco; o DMPA de 0,32468 mm obtido por via seca para o horizonte Ap do solo sob cultura anual foi adequado para mostrar o efeito do uso e manejo do solo; o DMPA obtidos por vias seca e úmida são estatisticamente diferentes para todos os horizontes e usos dos solos, devendo ser recomendados para objetivos específicos; o DMPA obtido por via seca e úmida mostram a influência das características físicas e químicas nos horizontes dos perfis de solo.

Palavras-chave: solo, estrutura, métodos, uso e manejo.

2 SUMMARY

ARGISSOLOS DISCRIMINATION AND AGGREGATES STABILITY EVALUATION BY DRY AND HUMID WAYS UNDER DIFFERENT USE AND MANAGEMENT SYSTEMS. Botucatu, 2005. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIA CRISTINA PERUSI

Adviser: PROF^a. DR^a. WOLMAR APPARECIDA CARVALHO

In order to discriminate ARGISSOLOS and to evaluate aggregates stability by dry and humid ways under different use and management systems, it was studied soil profiles under agricultural and pasture for more than twelve five years on the following system: six years with annual crop rotation in areas that had been pasture for the same time period and forest, for comparison purposes. This study was done in a agricultural farm in the Anhumas county, São Paulo state, Brazil, where the predominant soil class – ARGISSOLO – are representative of the region. Stages to achieve the objectives: **a)** not deformed and deformed samples collection to perform chemical and physical analysis; **b)** determination of the aggregate percentage by dry and humid ways; **c)** computation of the weighted mean diameter of the aggregates (WMDA); **d)** soils classification; **e)** statistical analysis: variance analysis and Tuckey's test for average, at 5 % of probability. Main conclusions: soil

classification; the organic matter content of the A horizon of the soil under forest is 64 % more than the soil under pasture e 79 % more than the soil under annual crop; the flocculation degree and amount of the clay fraction of this same horizon is 31 % more than the soil under pasture e 39 % more than the soil under annual crop; the weighted mean diameter of the aggregates obtained by dry (D) and (H) humid ways of the A horizon and its mean value for the soils decrease in the following sequence: PVAd – forest > PVe – pasture > PVd – annual culture, respectively, with the following values: 1.33560 and 1.445496 (D), 2.81114 and 2.351380 (H); 0.66748 and 1.011830 (D), 2.79642 and 1.624250 (H); 0.32468 and 0.993775 (D), 1.25808 and 0.983135 mm (H); the weighted mean diameters of the aggregates of the A horizon - obtained by dry (D) and humid (H) ways – decreased 50 % and 1 % in the soil under pasture, 76 % and 55 % in the soil under annual cultures, and this one is 51 % and 55 % less than the soil under pastures, respectively; the two methods are equally sensitive to reveal the effect of the soil use and management; the organic matter provides additional stability to the aggregates submitted to the humid sieving and clay to the dry sieving; the WMDA of 0.32468 obtained by the dry way for the Ap horizon under annual crop was suitable to reveal the effect of the soil use and management; the WMDA obtained by dry and humid ways are statistically different to all soils horizons and uses and must be recommended to specific objectives; the WMDA obtained by dry and humid ways reveals the influence of the chemical and physical characteristics on the horizon of the soil profiles.

Key words: soil, structure, methods, use and management.

3 INTRODUÇÃO

É notório o fato de que o aumento da população mundial resulte numa demanda cada vez maior por alimentos, matérias primas e na apropriação, na maioria das vezes indevida dos recursos naturais. Nesse sentido, a atividade agropecuária, quando não conduzida adequadamente, pode contribuir de forma bastante significativa para a degradação do solo e do meio ambiente.

Existem muitos fatores relacionados com a agricultura que podem levar à degradação do solo e, conseqüentemente à redução da sua capacidade produtiva e comprometimento econômico, dentre eles: o preparo inadequado caracterizado pelo intenso revolvimento que leva à desestruturação do solo; a monocultura; a irrigação inadequada; o superpastoreio e a cobertura insuficiente do solo. Desse modo, a identificação dos fatores que podem degradá-lo e os que permitem conservá-lo, é de fundamental importância para uma agricultura sustentável.

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura, resultado da agregação das partículas primárias do solo e de outros componentes bióticos e abióticos, é considerada como uma das mais importantes do ponto de vista agrícola. Solos bem estruturados possuem maior porosidade, o que resulta numa melhor percolação da água da chuva ou irrigação, além de facilitar a troca gasosa, conferindo-lhe melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e uma maior resistência aos agentes erosivos.

Os diferentes sistemas de uso e manejo exercem influência sobre a formação e estabilidade dos agregados. Desse modo, o intenso revolvimento das camadas superficiais, a maior incorporação da matéria orgânica, a constante movimentação de implementos agrícolas e o pisoteio de animais, contribuem para causar alterações na estrutura do solo, que acabam por alterar outras propriedades como a densidade e a porosidade, resultando no comprometimento da capacidade produtiva deste recurso. Nessas condições, a qualidade estrutural passa a ser uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo do solo.

A literatura aponta vários métodos de determinação do tamanho e da estabilidade dos agregados. Angulo et al. (1984), alertam para o fato de que, para que a determinação da estabilidade dos agregados tenha um significado de campo, as forças responsáveis pela desintegração da massa do solo deverão ser semelhantes às que atuam no campo.

A escolha do método para avaliação da agregação do solo depende do objetivo do trabalho, além das características intrínsecas do mesmo. O método do peneiramento por via úmida, é recomendado para estudos de erosão hídrica enquanto que o obtido por via seca para estudos da erosão eólica. O que os diferencia é a simplicidade, o custo e o tempo que cada um leva para ser desenvolvido. Todavia, esses métodos têm sido empregados, indiscriminadamente, para avaliar a estabilidade de agregados do solo.

Inserido neste contexto, no município de Anhumas, localizado na região de Presidente Prudente - Oeste do Estado de São Paulo, há o predomínio de pastagens e da criação extensiva de gado de corte. A agricultura, caracterizada pelo trabalho familiar e de pouca expressividade na economia da região, é desenvolvida de forma convencional, com o uso de arações e gradagens, com o raro emprego de práticas conservacionistas (PERUSI, 2001).

Os Argissolos, predominantes na região, devido às características morfológicas que lhes são inerentes, que resultam em gradiente textural entre os horizontes A ou E e o B, são suscetíveis à erosão, requerendo cuidados adicionais para evitar perdas de solo fértil na camada arável, onde se encontram os elementos nutritivos necessários ao adequado desenvolvimento dos vegetais. As perdas de solo por erosão, normalmente são resultantes do

preparo intensivo, do pisoteio de animais, da insuficiente cobertura vegetal e da conseqüente perda da estrutura natural.

Em vista do exposto, objetivou-se neste trabalho discriminar ARGISSOLOS, com ocorrência predominante no município de Anhumas – Oeste do Estado de São Paulo e avaliar a estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Estrutura do solo

Oliveira et al. (1992) definem a estrutura do solo como sendo o resultado da agregação de suas partículas primárias (areia, silte e argila) e a coexistente matéria orgânica, resultado de fenômenos físicos, químicos e também ações biológicas, que se agrupam formando agregados os quais apresentam formas e tamanhos definidos, e comportam-se como porções individualizadas e independentes. Ao arranjo do material sólido inorgânico e orgânico do solo configurando esses agregados, dá-se o nome de estrutura do solo.

Silva e Mielniczuk (1997) concordam que a formação e a estabilização dos agregados do solo ocorre mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Esses, por sua vez, atuam por mecanismos próprios, nos quais são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização. Entre essas, as principais são: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, exudatos orgânicos e substâncias orgânicas provenientes da ação dos microrganismos. Além das substâncias agregantes, existem os agentes de agregação, representados por clima, raízes, microrganismos e pelo próprio tracionamento do solo.

A estrutura do solo diz respeito à reunião das partículas sólidas em agregados, os quais se separam uns dos outros por superfícies de enfraquecimento. A estrutura

define a forma, tamanho e arranjo das partículas sólidas do solo (BREWER e SLEEMAN, 1960).

Segundo Lemos e Santos (2002) agregados é o resultado da agregação de partículas primárias do solo, mas que não apresentam superfície de fraqueza quando submetidos a uma determinada pressão, isto é, o agregado se quebra sem uma determinada forma e tamanho, produzindo fragmentos de conformações não específicas, sendo que, o fraturamento é ao acaso; enquanto que unidades estruturais são agregados que apresentam formas e tamanhos definidos, comportando-se como partes individualizadas.

A classificação mais comumente usada da estrutura do solo é a de Nikiforoff, utilizada no Soil Survey Manual, SOIL SURVEY STAFF (1951), com ligeiras modificações. Segundo o referido autor, a classificação da estrutura se fundamenta em três características: tipo, classe e grau. O tipo define a forma da estrutura, a classe, o tamanho dos elementos estruturais e o grau, o desenvolvimento da estrutura.

Nos solos, pode-se encontrar macroestruturas observáveis no campo e que podem ser vistas a olho nu e microestruturas, com dimensões inferiores a 1 mm, que podem ser identificadas, apenas, com auxílio de lentes (LEMOS e SANTOS, 2002). Para os referidos autores, os tipos e subtipos de estrutura do solo são os seguintes, respectivamente: laminar; prismático: prismático e colunar; em blocos, também conhecido como cúbico: blocos angulares e subangulares; e granular ou esferoidal: granular e grumosa.

A estrutura laminar, como o nome indica, tem seus agregados dispostos em finas placas horizontais, apresentando aspecto de lâminas de espessura variável, porém a linha horizontal é sempre maior. Encontra-se este tipo de estrutura em solos de regiões secas e frias, onde há congelamento. É freqüente nos horizontes A e E, entretanto, é mais característico dos horizontes C (GROHMANN, 1975).

Na estrutura prismática, distingue-se dois subtipos: o prismático propriamente dito e o colunar, ambos apresentando a característica de ter o plano vertical maior do que o superior da unidade estrutural horizontal. A estrutura é considerada prismática quando a porção superior da unidade estrutural é plana. Colunar, quando a extremidade superior da unidade estrutural é arredondada. Estas estruturas são características de horizonte B, sendo a do subtipo colunar encontrada, principalmente, nos solos salinos.

A estrutura em blocos ou poliédrica, também conhecida como cúbica, pois as três dimensões da unidade estrutural são aproximadamente iguais, é dividida em dois subtipos: blocos angulares, quando as unidades estruturais apresentam faces planas e ângulos vivos na maioria dos vértices e blocos subangulares, quando as unidades estruturais apresentam mistura de faces arredondadas e planas com muitos vértices arredondados.

A estrutura prismática, propriamente dita e principalmente em blocos subangulares são características de horizonte B textural dos ARGISSOLOS (EMBRAPA, 1999).

Lemos e Santos (2002) esclarecem que na estrutura granular ou esferoidal, de maneira semelhante à estrutura em blocos, as partículas também estão arranjadas em torno de um ponto, diferindo daquela, porém, por suas unidades estruturais, arredondadas, não apresentarem faces de contato. Este tipo de estrutura normalmente se subdivide em dois subtipos: a) estrutura granular propriamente dita, quando as unidades estruturais são relativamente pouco porosas e b) estrutura em grumos quando as unidades estruturais são muito porosas. É característica de horizontes superficiais, ricos em matéria orgânica, como os horizontes A ou Ap.

A segunda característica da estrutura refere-se ao tamanho das unidades estruturais, sendo reconhecidas as seguintes classes: a) muito pequena; b) pequena; c) média; d) grande; e) muito grande.

A terceira característica usada para descrever a estrutura é o grau de desenvolvimento ou a estabilidade dos agregados. Costuma-se considerar os seguintes graus de estrutura: a) sem estrutura (quando não ocorre agregação ou arranjo ordenado das partículas): grãos simples – não coerente e maciça - coerente; b) com estrutura: 1) fraca - a estrutura é pouco resistente à pressão, desfazendo-se numa mistura de poucos agregados, muito quebrados e grande proporção de terra fina; 2) moderada - a estrutura é formada por agregados bem formados, moderadamente resistentes à fragmentação, partindo-se em muitos elementos inteiros, alguns quebrados e pouco material desagregado e 3) forte - os elementos estruturais são bem formados, resistentes, podendo ser observáveis nos perfis de solo e separados facilmente uns dos outros; quando removidos do perfil, obtém-se quase que exclusivamente unidades estruturais individualizadas e não desfeitas. Assim, esses três graus são definidos em função da resistência de agregados, sua distinção na face exposta do

horizonte, na trincheira ou corte de estrada e pela proporção entre materiais agregados e não agregados.

Brady (1989) afirma que, embora se possam encontrar perfis de solo com apenas uma configuração estrutural, freqüentemente encontram-se vários tipos de elementos estruturais à medida que se passa de um horizonte para outro, evidenciando que as condições e características do solo, tais como movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade, são consideravelmente influenciados pela estrutura.

De acordo com Barbosa et al. (1998) os agregados do solo resultam do processo de arranjo de suas partículas sólidas e dos espaços porosos associados, e variam grandemente em forma e tamanho. O processo de agregação (estruturação) é influenciado pela ação de componentes abióticos e bióticos, que podem, cada um deles, em determinadas situações, contribuir com maior ou menor importância. Destacam-se como componentes abióticos o tamanho das partículas, o regime hídrico, a presença de óxidos e sesquióxidos hidratados de Fe e Al, a quantidade e tipos de minerais de argila e a presença de sílica; no componente biótico, o destaque ocorre para a pedobiota (animais e microorganismos) e vegetação. A atuação dos microorganismos no solo se dá pela ação física na adesão entre as partículas dele, nas quais funcionam como ligantes físicos, ao mesmo tempo em que produzem agentes colantes e/ou cimentantes (polissacarídeos de alta viscosidade), os quais resultam da ação heterotrófica sofrida pela matéria orgânica do solo. Segundo os referidos autores, o primeiro mecanismo, aparentemente, está mais ligado à formação dos agregados, enquanto que o segundo, mais à estabilização destes.

Sendo uma característica dinâmica, a estrutura do solo, com o tempo, sofre modificações ou alterações provocadas, principalmente pelo manejo incorreto do solo e pelo preparo, quando ele se acha relativamente seco ou demasiadamente úmido, como, por exemplo, a pulverização do solo pelo uso intensivo de grade de discos, e a compactação provocada pelo pisoteio intensivo do gado (GROHMANN, 1975).

4.2 Preparo convencional do solo

Preparo do solo é a mobilização do solo, buscando criar condições ideais para: semeadura, germinação, emergência de plântulas, desenvolvimento e boas

produtividades das culturas desejadas. Dentre as operações de cultivo, o preparo do solo é a mais importante no controle da erosão, pois irá induzir uma maior ou menor desagregação e compactação do solo, bem como a manutenção ou não dos restos de cultura na superfície (MELLO, 1983).

A vasta literatura sobre este assunto mostra que, a utilização dos solos para produção de alimentos e matérias primas implica em mobilizações do solo que, em curto prazo, estabelecem as condições necessárias para o desenvolvimento das plantas. Essas práticas, com o decorrer do tempo, degradam o solo devido à desagregação ocasionada pelos equipamentos agrícolas, aumento das perdas por erosão e das perdas de nutrientes dos vegetais por exportação na forma de colheitas (PERUSI e CARVALHO, 2003).

A estrutura produtiva do Oeste do Estado de São Paulo se manifesta nos municípios que o compõe. Sendo assim, os dados das atividades agropecuárias do município de Anhumas podem ser representativos das práticas produtivas adotadas na região. Em 1995/6, as áreas destinadas às lavouras perfaziam 5,5 %. Em contrapartida, as pastagens ocupavam 86,3 % da área total dos estabelecimentos agrícolas no referido município (PERUSI e CARVALHO, 2002). Um dos principais motivos apontados pelos referidos autores para justificar o processo de estagnação da agricultura, seria a dificuldade, principalmente por parte do pequeno produtor em obter os recursos necessários para a manutenção dos meios de produção (fertilizantes, equipamentos e assistência técnica), de modo a tornar o solo novamente produtivo depois de tantas mobilizações provocadas pelo predomínio do preparo convencional do solo ao longo da história agrícola da região.

De acordo com Pereira (2000a), preparo de solo é a operação mecânica de desagregação de sua estrutura, com o fim especial de favorecer a aeração superficial e eliminar plantas invasoras para melhor desenvolvimento das plantas cultivadas. Quando realizado em condições inadequadas, usando máquinas desreguladas, adotando-se profundidade excessiva de trabalho ou com alto teor de água no solo, favorece a compactação, erosão, queda de produção, desgaste dos equipamentos e maior dispêndio energético.

Beutler et al. (2001) acrescentam que a degradação do solo deve-se ao excessivo revolvimento da camada superficial pela utilização de sistemas de preparo convencional, com o uso de grades aradoras e arados de discos. Tais sistemas de manejo, em

geral, resultam na formação de camadas compactadas, levando ao aumento das perdas de solo, água e nutrientes e à redução da produtividade das culturas.

Sobre os inconvenientes do preparo convencional, Pontes (2002) afirma que este tipo de preparo contribui, com o passar dos anos, para a desestruturação dos solos, devido à intensa mobilização causada pelos implementos agrícolas, além de deixar sua superfície descoberta, vulnerável à ação dos raios solares, ventos e chuvas, ficando passível de erosão. A maior probabilidade de que o quadro erosivo se estabeleça, deve-se ao fato de que as operações de preparo são realizadas na época de maiores precipitações, aumentando a compactação e o escoamento superficial no solo.

Estudando os atributos físicos de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo, Bertol et al. (2001) concluíram que a degradação dos atributos físicos do solo é um dos principais processos responsáveis pela redução da sustentabilidade da estrutura e aumento da erosão hídrica. Acrescentam ainda, que o sistema de preparo convencional, em geral, promove um intenso revolvimento da camada superficial, o que pode intensificar a decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo.

A reestruturação do solo vai depender do sistema de manejo que será usado no preparo do mesmo. A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura (SILVA et al., 2000).

Kluthcouski et al. (2000) observaram que a desestruturação do solo, provocada pelo intenso revolvimento, a compactação e a redução da matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. Tal degradação, com todas as suas implicações e conseqüências, tem como resultado o desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, criando-se novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade.

4.2.1 Estabilidade de agregados, preparo do solo e erosão hídrica

Chaves e Calegari (2001) definem a agregação do solo como a união de partículas (argila-íon-matéria orgânica e silte) em unidades secundárias, sendo a

estabilidade dos agregados caracterizada como resistência a uma ação degradante, particularmente a água. Para os autores, a agregação do solo controla os movimentos internos de água, ar e calor e a proliferação de raízes e a adição de resíduos vegetais, composto orgânico e roçada das plantas invasoras aumentam a agregação das partículas do solo, sendo indicadas para solos depauperados.

Conforme esclarecem Carpenedo e Mielniczuk (1990) o solo, quando submetido a cultivos intensivos, tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos e da densidade. A magnitude com que as alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo utilizados. O efeito mais nocivo é atribuído aos sistemas de manejo que adotam revolvimento intensivo do solo, o que afeta o teor de matéria orgânica, um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados. Do ponto de vista agrícola, a estrutura do solo é um dos atributos mais importantes, pois está relacionada com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração, e com o desenvolvimento do sistema radicular. A manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade e, conseqüentemente, de uma boa estrutura, é condição primordial para garantir altas produtividades agrícolas (CORRÊA, 2002).

Segundo Freitas et al. (2001) o uso não planejado das terras, o manejo inadequado dos solos, a adoção de sistemas importados de cultivo e o desmatamento desenfreado em áreas de recarga, áreas impróprias (solos de baixa aptidão agrícola) e de matas ciliares, têm provocado a degradação dos recursos naturais. Tais práticas, ao tornar o solo menos permeável, acabam impedindo que esse exerça seu papel natural de estoque e filtro de água. O excedente, ao escoar com maior velocidade para a superfície do solo, termina por carrear toneladas de terra para rios e lagoas, resultando no assoreamento dos reservatórios.

Além disso, a erosão provoca redução na produtividade por degradar as características químicas, físicas e biológicas do solo. Um dos efeitos diretos da erosão é a redução da fertilidade, porque remove seletivamente as partículas mais finas (argila e matéria orgânica) e/ou camadas superficiais do solo, as quais representam, em condições de lavoura, maior fertilidade. A erosão também traz alguns efeitos físicos, tais como encrostamento, compactação e redução da capacidade de retenção de água no solo, todas com conseqüências deletérias para o crescimento das plantas (VEIGA et al., 1998).

Nesse sentido, a erosão hídrica passa a ser um fenômeno complexo que se manifesta com intensidade variável, dependendo da importância relativa do clima, solo, topografia, vegetação e uso do solo, práticas conservacionistas complementares e atividade do homem (SCHICK et al., 2000).

A erosão é um fenômeno geológico que ocorre independente da ação humana. Esse fenômeno natural, tem o equilíbrio rompido a partir das intervenções antrópicas. O impacto das gotas de chuva em um terreno descoberto e o resultante desprendimento das partículas do solo, são as principais causas da erosão hídrica. Erosão é, portanto, o processo de desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo causado pela água e pelo vento (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

De acordo com Oliveira et al. (2003), dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico, pois atua diretamente na estrutura. Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura exerce diferente influência no processo de erosão, uma vez que, aliadas às demais características físicas, químicas e biológicas, conferem maior ou menor resistência à ação das águas, tipificando o comportamento de cada solo exposto a condições semelhantes de topografia, precipitação, cobertura vegetal e, conseqüentemente, podendo ou não facilitar o arrastamento das partículas do solo pela água. A maior estabilidade de agregados confere aos solos menor susceptibilidade à erosão (BARBOSA et al., 1998).

Albuquerque et al. (2000) esclarecem que o conhecimento das propriedades do solo auxilia na seleção de áreas a serem utilizadas na exploração agrícola, bem como na determinação do tipo e do grau com que as práticas de preservação devem ser empregadas para reduzir a degradação pela erosão hídrica. Os referidos autores testaram a hipótese de uma relação entre a erodibilidade do solo em entressulcos e a estabilidade dos agregados, considerando que sob uma mesma chuva, em solos com agregados mais estáveis, haverá menor desagregação e, portanto, menos material estará disponível para ser transportado, maior será a infiltração de água no solo e, como conseqüência, menor será a erosão hídrica, em comparação com solos com agregados menos estáveis.

Para os referidos autores, a relação entre a estabilidade dos agregados e a erosão hídrica do solo pode ser atribuída, principalmente, a dois fatores: a) em solos mais estáveis, a energia necessária para iniciar a formação do selo superficial é maior que para solos

menos estáveis, pois os agregados resistem mais ao impacto das gotas de chuva, a infiltração de água é maior e a descarga líquida é menor; b) mesmo na presença de fluxo superficial, as partículas do solo, quando agrupadas em agregados, são mais pesadas e, quanto maior a massa dos agregados, maior é a resistência pelo fluxo.

A estabilidade de agregados pode ser utilizada para estimar a erodibilidade, pois os parâmetros do solo que determinam a estabilidade dos agregados são, em geral, os mesmos que determinam a susceptibilidade do solo à erosão hídrica. A estabilidade dos agregados é um parâmetro de fácil determinação e baixo custo que pode ser realizado em vários locais e épocas do ano, obtendo, assim, a variação estacional, sendo, portanto, adequado para estimar a erodibilidade em entressulcos (ALBUQUERQUE et al., 2000).

Entre os fatores que determinam a intensidade de erosão nos solos agrícolas, a cobertura do solo é, sem dúvida, o mais importante. A cobertura do solo, seja pela parte aérea das culturas e ervas daninhas ou pelos seus resíduos, intercepta as gotas das chuvas e dissipa sua energia cinética, evitando ou minimizando a etapa inicial do processo erosivo, que é a desagregação das partículas do solo. O sistema de manejo adotado em lavoura determina a quantidade de cobertura do solo, sendo o mais importante os seguintes aspectos: as culturas comerciais e de cobertura do solo utilizadas; o manejo dos resíduos de colheita; o sistema de preparo do solo (VEIGA e WILDNER, 1996). Os autores trabalharam com rotação de culturas em três sistemas de preparo e concluíram que o sistema de preparo do solo interferiu na quantidade de cobertura remanescente sobre o solo, sendo maior no plantio direto e menor no convencional, em função da manutenção dos resíduos na superfície e incorporação, respectivamente.

Para Silva e Carvalho (2002) antes do estabelecimento de uma cobertura vegetal protetora pelas culturas em crescimento/desenvolvimento, o solo sobre preparo convencional permanece vulnerável a altas taxas de desagregação e transporte, provocados pela ação do impacto das gotas das chuvas e pelo escoamento superficial. Objetivando comparar a eficiência de métodos para coleta do solo desagregado e salpicado (método da bandeja e do funil) e analisar as relações entre erosividade das chuvas e o salpico do solo descoberto e com cobertura, pesquisaram um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, sob condições de campo em Fortaleza (CE). Os autores concluíram que a cobertura

do solo, dissipando a energia cinética das gotas de chuva, proporcionou redução de até 45 % na taxa de salpico, em relação ao solo descoberto. Esses dados confirmam a importância da cobertura vegetal do solo contra os processos erosivos.

Morais e Cogo (2001) afirmam que os sistemas conservacionistas de preparo do solo são eficazes na redução das perdas de solo em virtude da permanência da cobertura por resíduos remanescentes das culturas anteriores. O maior ou menor efeito da cobertura do solo na redução da erosão hídrica depende de vários fatores, tais como: tipo, quantidade e forma de manejo dos resíduos culturais, erosividade da chuva, erodibilidade do solo, inclinação e comprimento da rampa, manejo da terra e da cultura e práticas conservacionistas de suporte.

Com o objetivo de estudar os efeitos da cobertura do solo sobre a produtividade, o crescimento e o manejo da irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), no sistema de plantio direto, Pereira (2000b) concluiu que no sistema de plantio direto, na cultura do feijoeiro, quando a superfície do solo apresenta uma cobertura morta de pelo menos 50 %, é possível obter considerável economia de água, propiciando menores gastos com irrigação.

Bertol et al. (2002) objetivando calcular a Razão de Perda de Solo (RPS) e o fator C (cobertura) para as culturas de milho e aveia em rotação com outras culturas, em condições de chuva natural, elaboraram os seguintes tratamentos para os sistemas de preparo do solo; aração + duas gradagens (A+G), escarificação + uma gradagem (E+G) e semeadura direta (SDI). Além desses, um tratamento com uma aração + duas gradagens, em duas repetições, foi mantido sem cobertura e livre de vegetação e de crosta superficial (SSC) (parcela-padrão) em um Cambissolo Húmico Alumínico, visando à sua utilização na EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) para a predição da perda de solo na região de Lages (SC). Os autores concluíram que, na média dos tratamentos de preparo do solo envolvendo culturas, houve redução na erosão hídrica; 95 % para o cultivo do milho e em 93 % para a cultura da aveia em relação ao SSC. No caso da semeadura direta (SDI), a redução foi de 96 %, tanto no milho quanto na aveia, enquanto na E+G e A+G, foram de 94 e 94 %, respectivamente, no milho, e respectivamente, de 94 a 88 %, na aveia. Tal comportamento é explicado pelo efeito dos resíduos vegetais da parte aérea que protegeram a superfície do solo contra os agentes erosivos e pelo efeito das raízes que provavelmente melhoraram a estrutura do solo, aumentando sua resistência à erosão hídrica.

Oliveira et al. (1983) verificaram que o cultivo modificou a agregação do solo, manifestado no aumento de microagregados relacionado com a destruição dos macroagregados pelos efeitos do preparo do solo para o cultivo, além do impacto das gotas de chuva promovendo a desagregação. Em contrapartida, a cobertura do solo com pastagem natural favoreceu a formação de agregados de diâmetro superior a 1 mm (macroagregados), justificado pela presença da matéria orgânica que atua diretamente como agente agregante do solo, além de protegê-lo da energia cinética das gotas de chuva (CASTRO FILHO et al., 1998).

Schick et al. (2000) estudaram o efeito da erosão hídrica provocada por diferentes formas de preparo do solo e verificaram que no plantio direto as perdas de solo foram reduzidas em 52, 68 e 98 % em relação a escarificação mais gradagem; aração mais duas gradagens e aração mais duas gradagens no solo sem cobertura, respectivamente. O plantio direto, caracterizado pela rotação de culturas e conseqüente manutenção da cobertura vegetal, mostrou-se eficiente na conservação do solo e água, controlando a erosão hídrica que é um dos fatores que diminui a produtividade dos solos brasileiros, repercutindo na área social, aumentando o êxodo rural.

Segundo Corsini e Ferraudo (1999) as práticas naturais podem ser mais satisfatórias que o preparo mecânico do solo para melhorar a sua estrutura. A estabilidade estrutural envolve estudos de resistência à alteração natural ou induzida na arquitetura do solo e de continuidade dos poros. Esta, por sua vez, envolve estudos de dispersibilidade, migração e obstrução de poros por partículas finas e sua relação com a permeabilidade do solo à água e ao ar.

4.2.1.1 Rotação de culturas e os efeitos na conservação do solo

A rotação de culturas consiste em um planejamento racional de culturas diversas, alternando a distribuição no terreno em certa ordem e por certo número de anos. A prática da rotação objetiva escalonar diferentes espécies, melhorar o controle de plantas daninhas, manter o solo coberto, promover a variação radicular e aumentar a produtividade. O consórcio de culturas é um grande aliado na recuperação de áreas degradadas, pois melhora as condições físicas do solo (estrutura, porosidade, temperatura, teor de água) e conseqüentemente protege contra erosão (KOBAYAMA et al., 2001).

Normalmente a rotação de culturas objetiva: organizar a distribuição das culturas na propriedade agrícola; economia do trabalho; auxílio no controle das ervas daninhas e insetos; ajuda na manutenção da matéria orgânica do solo e do nitrogênio, quando a rotação é feita também com leguminosa; aumento das produções e redução das perdas por erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Segundo Kluthcouski et al. (2000) melhorias consideráveis na agregação e estabilidade dos agregados dos solos agrícolas podem ser facilmente conseguidas com simples modificações nas práticas de cultivo, em especial daquelas relacionadas com o manejo dos restos culturais e rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular.

Com relação à cobertura vegetal, Gomar et al. (2002) reforçam a informação de que as variações nos teores de matéria orgânica modificam as condições físicas do solo, manifestando-se pelas alterações nos atributos físicos tais como: estrutura, densidade, aeração, retenção de água, drenagem e consistência do solo.

Em estudos relacionados com a estrutura do solo e erosão, o efeito do sistema radicular das plantas deve ser considerado, pois modifica a estabilidade dos agregados não só por meio dos seus exsudados e da força exercida pelas raízes, mas também por meio da ação dos microorganismos quando da decomposição dos restos orgânicos (ALBUQUERQUE et al., 2000).

O manejo efetivo dos resíduos culturais, técnicas de adubação verde, rotação de culturas e aplicação de corretivos são medidas que promovem a elevação e manutenção da capacidade produtiva dos solos, refletidas no seu potencial de fornecer nutrientes, disponibilidade de água, atividade biológica e características físicas inseridas dentro do contexto de controle de erosão (PAULA et al., 1998).

Para o referido autor, as metas principais da rotação de cultura são, dentre outras, criar as melhores condições possíveis de crescimento de uma cultura agrícola através do plantio após culturas prévias adequadas, alcançar utilização e ativação ótimas da fertilidade do solo e garantir a execução de todas as operações de cultivo desde o preparo, plantio e manejo até a colheita em tempo hábil, evitando a ocorrência de pico de trabalho. Além disso, um sistema de rotação deve incluir espécies vegetais capazes não só de se desenvolver sob condições físicas adversas (alta resistência à penetração e deficiência de O₂),

mas também de melhorar essas condições, ao promover a agregação e o rompimento das camadas compactadas.

Wutke et al. (2000) reforçam a premissa de que os elevados índices de produtividade e a maior rentabilidade agrícola dependem, fundamentalmente, da manutenção da capacidade produtiva dos solos. Assim, a associação de práticas agrícolas, tais como: a calagem, a rotação de culturas e a adubação verde, objetiva proporcionar modificações nos teores de nutrientes, na estrutura, na porosidade, na agregação e na densidade do solo, bem como na infiltração e disponibilidade de água, tendo em vista o adequado crescimento radicular da cultura.

Os referidos autores trabalharam com os benefícios da rotação de culturas para o crescimento do sistema radicular do feijoeiro. A rotação de culturas do feijoeiro com milho e adubos verdes favoreceu a redução da resistência do solo à penetração na camada arável, garantiu a manutenção do teor de matéria orgânica do solo, bem como possibilitou a redução da acidez e o aumento do índice de saturação por bases (V %) em profundidade em relação ao teor inicial.

Segundo Cruz et al. (2001), a rotação de cultura proporciona alto potencial de produção de fitomassa e de elevada relação C/N, garantindo a manutenção de cobertura do solo. A palha ou palhada desempenha as seguintes funções: reduz o impacto das gotas de chuvas, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação; dificulta o escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água de chuvas; há redução nas perdas de solo e de água em consequência da menor erosão; protege a superfície do solo da ação direta dos raios solares, reduzindo a evaporação e, conseqüentemente, mantendo maior quantidade de água disponível no solo; reduz a amplitude hídrica e térmica, favorecendo alta atividade biológica; aumenta a matéria orgânica no perfil do solo, conseqüentemente a disponibilidade de água para as plantas, a capacidade de troca de cátions (CTC), além de melhorar as características físicas do solo; ajuda no controle de plantas daninhas.

O cultivo continuado de uma mesma espécie pode aumentar a incidência de doenças e pragas, quando os agentes transmissores permanecem nos restos de culturas. Uma seqüência de culturas, em que essas não sejam atacadas pelas mesmas doenças e pragas, pode cortar seu ciclo, evitando, assim, sua expansão (CHAVES e CALEGARI, 2001).

De acordo com Bertol et al. (2000a) o preparo do solo é a principal operação de manejo, por isso, é o principal modificador da sua suscetibilidade natural à erosão hídrica. Desenvolveram um trabalho objetivando quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica, ocorridas num Latossolo Roxo, submetidos a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. Foram avaliados os tratamentos: preparo convencional mantido permanentemente sem cultura (SSC); preparo convencional com milho no verão e pousio no inverno (PCmvpi); preparo convencional com rotação de culturas no inverno e verão (PCriv); preparo convencional com rotação de culturas no verão e pousio no inverno (PCrvpi); rotação de preparos com rotação de culturas no inverno e verão (RPriv); cultivo mínimo com rotação de culturas no inverno e verão (Cmriv) e semeadura direta com rotação de culturas no inverno e verão (SDriv). Os autores concluíram que o tratamento SDriv diminuiu a perda de solo em 96% em relação ao SSC, na média do período estudado, enquanto os demais preparos conservacionistas (RPriv e CMriv), reduziram a perda, em média, em 95 %. Em relação à perda média de solo ocorrida nos preparos conservacionistas, a redução na erosão, ocasionada pelo SDriv e pela média dos preparos conservacionistas foram de 81 e 78 %, respectivamente. Podendo concluir que, tanto a semeadura direta quanto os demais preparos conservacionistas, baseados principalmente na rotação de culturas, apresentaram uma eficácia relativamente alta na redução da erosão hídrica, tanto em relação aos solos sem cultura quanto em relação aos preparos convencionais.

Bertol et al. (2000b) objetivando determinar o fator C (cobertura) de uma USLE (Equação Universal de Perda de Solo Revisada), para um Latossolo Roxo em Chapecó (SC), estudaram os seguintes tratamentos: preparo convencional com milho no verão e pousio no inverno (PCmvpi), preparo convencional com rotação de culturas no inverno e verão (PCriv), preparo convencional com rotação de culturas no verão e pousio no inverno (PCrvpi), rotação de preparos com rotação de culturas no inverno e verão (RPriv), cultivo mínimo com rotação de culturas no inverno e verão (CMriv) e semeadura direta com rotação de culturas no inverno e verão (SDriv) e a semeadura direta (SD) sem preparo do solo. De acordo com os resultados, os autores atestam que o tratamento mais eficaz foi a SDriv, com um valor equivalente a 29 % daquele menos eficaz, o PCriv, na média do período estudado, portanto, com uma eficácia de 71 %. Essa eficácia é explicada principalmente pela ausência de preparo do solo nesse tratamento, evitando a desagregação do solo e, ainda, pela manutenção

dos resíduos culturais na superfície do solo, protegendo-o do impacto direto das gotas de chuva, contribuindo também para essa eficácia, a rotação de culturas.

Freire (1967) estudou a agregação e a estabilidade de agregados formados em presença de matéria orgânica, adubação, vegetação e calagem. Empregou o método de Yoder (1936) para a determinação da estabilidade em água e a técnica de Van Bavel (1949), para estimar o índice de agregação. Concluiu que, isoladamente, a adubação e a calagem não contribuíram para a agregação ou estabilidade dos agregados tão eficientemente quanto à vegetação nos três solos estudados.

Para Paladini (1989) as culturas, quando adequadamente manejadas, especialmente em sistema de rotação, são agentes importantes para a agregação do solo. As culturas produzem resíduos que são a fonte de energia para a atividade microbiana na formação de compostos húmicos do solo, e os sistemas radiculares aproximam as partículas por compressão. Além disso, a própria variação da umidade é reduzida pela cobertura vegetal, protegem os agregados da superfície contra o impacto direto das gotas de chuva e da ação do sol.

O sistema de rotação que inclui a combinação de pastagens perenes, de gramíneas e leguminosas, além de culturas anuais, é bastante eficiente na manutenção de uma boa estrutura, sendo as pastagens perenes as mais eficientes, porque atuam por períodos mais prolongados por possuir um sistema radicular desenvolvido e em constante renovação (MACHADO e BRUM, 1978; CINTRA, 1980).

Salton et al. (2001) dissertam que os principais objetivos a serem alcançados no sistema de rotação lavoura-pecuária são: a) aumentar a estabilidade de renda do produtor; b) diversificar culturas através da rotação; c) melhorar as condições físicas do solo com a pastagem na área de lavoura; d) recuperar a fertilidade do solo com a lavoura em áreas de pastagem degradadas (porém, que não exija elevadas correções químicas e/ou físicas do solo); e) incrementar a produção de concentrado e volumoso para alimentação animal; f) aumentar a eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos; g) reduzir custos; h) auxiliar no controle de pragas, doenças e plantas daninhas; i) produzir pasto, forragem conservada e grãos para terminação de novilhos na estação seca; j) preservar o ambiente. Os referidos autores identificaram melhora na estrutura física do solo utilizado no sistema de rotação lavoura/pastagem, representada por menor densidade e maior porosidade total além do

aumento considerável do DMP dos agregados, o que deve resultar em melhores condições para o desenvolvimento das raízes das culturas. Tais resultados evidenciam a importância da pastagem em conferir melhorias na estruturação do solo, devido ao agressivo e abundante sistema radicular da braquiária.

As pastagens podem trazer diversos benefícios à lavoura. Por ser o sistema radicular das gramíneas bastante desenvolvido, atingindo maiores profundidades e, por explorar um volume maior de solo que as culturas de grãos, ocorre maior reciclagem de nutrientes. Esse maior desenvolvimento radicular, associado ao não revolvimento do solo, favorece o aumento da atividade biológica e melhora, também, as características físicas do solo. O uso de pastagens intercaladas com lavouras também reduz a incidência de pragas e a incidência de doenças. Além disso, as pastagens favorecem o aumento da matéria orgânica do solo e ajudam no controle da erosão (SALTON et al., 2001).

D'Andréa (2002) afirma que a elevada estabilidade de agregados em água no sistema cerrado é resultado de uma situação mais equilibrada encontrada nesse sistema, uma vez que não existe movimentação do solo por implementos agrícolas com a sua conseqüente desagregação. Quanto ao sistema de pastagens, os elevados valores de DMG e percentagem de agregados maiores que 2 mm evidenciam a relação com as características do sistema radicular da *Brachiária decumbens*, onde o efeito rizosférico elevado atua efetivamente para a agregação do solo. As gramíneas são consideradas os mais eficientes melhoradores da estrutura do solo, uma vez que produzem cerca de 50 % dos seus fotossintatos abaixo da superfície do solo, na zona do sistema radicular (OADES, 1984 citado por D'ANDRÉA, 2002).

Modificações nas práticas de manejo dos restos culturais e rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular podem representar melhorias consideráveis na agregação e estabilidade dos agregados dos solos agrícolas. Modificações nas práticas de cultivo que contemplem o manejo dos restos culturais e a rotação delas, incluindo espécies de gramíneas, por si só melhoram consideravelmente a agregação e estabilidade dos agregados dos solos agrícolas, proporcionando uma estrutura mais adequada e, conseqüentemente, um incremento nas condições de crescimento, com aumento da produção das culturas. Tais modificações reduzem ainda a erosão, uma vez que diminuem o impacto da agricultura sob o meio ambiente. A utilização das gramíneas é preconizada, dada a abundância

do sistema radicular que, através do emaranhamento, mantém a adesão das partículas pela ação física, podendo, ainda, contribuir para a formação e estabilização dos agregados através do estímulo da microbiota do solo. Com isso, o sistema radicular determina que os solos portadores dessas gramíneas apresentam as melhores estruturas e, conseqüentemente, maior resistência à erosão (BARBOSA et al., 1998).

Palmeira et al. (1999) acreditam que nenhum sistema de manejo tenha aplicação generalizada. Para cada solo deve existir um sistema de manejo mais adequado, e cada sistema deve trazer reflexos diferentes nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e, conseqüentemente, na produção agrícola. Nesse sentido, Carpenedo e Mielniczuk (1990) verificaram que a estabilidade dos agregados é consideravelmente maior em solos sob gramíneas do que em solos sob leguminosas, o que também foi constatado em Baver et al. (1973); Silva e Mielniczuk (1997); Silva et al. (1998); Silva et al., (2000).

Oliveira et al. (1983) atentaram para o fato de que a cobertura vegetal é responsável pela dissipação na energia cinética na gota de chuva, diminuindo o efeito de seu impacto e protegendo a estrutura da camada superficial. Tal afirmação baseou-se na maior preservação da estrutura de amostras de solo do horizonte superficial, conferida pela maior resistência dos macroagregados à destruição pelo tamisamento na área de pastagem natural.

Em trabalho realizado por Albuquerque et al. (1995) os autores concluíram que a rotação de culturas induziu a redução dos valores de densidade do solo e aumento da porosidade total, indicando efeito benéfico dessa prática agrícola sobre a estrutura do solo.

4.3 Alteração de propriedades físicas do solo em função do uso e manejo

4.3.1 Estrutura do solo e estabilidade de agregados

Segundo D'Andréa et al. (2002) a estabilidade de agregados faz parte de um conjunto de dados propostos para o monitoramento da qualidade do solo, tendo sido incluída em um índice conceitual de qualidade do solo formulado por Karlen e Stott (1994) citados por D'Andréa et al. (2002) relacionado com a resistência do solo à degradação. A qualidade estrutural tem sido associada às condições físicas favoráveis à emergência de

plântulas, desenvolvimento radicular, aeração, infiltração e movimento de água no perfil do solo (LIMA et al., 2003).

Muitos são os trabalhos de avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo relacionados com os índices de estabilidade de agregados e da distribuição de agregados por classes de tamanho, estabelecendo relações com atributos químicos e físicos em vários sistemas de manejo e situações de cobertura do solo (SILVA et al., 2000; BEUTLER et al., 2001; D'ANDRÉA et al., 2002).

O melhoramento da estrutura deve ser buscado uma vez que esta característica tem reflexos diretos na fertilidade do solo, quer seja através da aeração, retenção de água e absorção de nutrientes, quer seja através da conservação do ambiente pelo oferecimento de resistência à erosão (BARBOSA et al., 1998).

Na superfície do solo, a degradação da estrutura freqüentemente resulta na formação de crostas, com conseqüente aumento do deflúvio e menor emergência de plântulas. No subsolo, a degradação da estrutura pelo cultivo poderá ser observada pela formação de uma camada compactada. Nestas condições, constata-se que somente o uso de fertilizantes, melhoramento genético e medidas para controle de pragas e doenças, não preservarão a produtividade, se ocorrer uma degradação significativa das condições físicas, principalmente na estrutura do solo (OLIVEIRA et al., 1983).

Kluthcouski et al. (2000) afirmam que a desestruturação do solo, provocada pelo intenso revolvimento, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. O estado de agregação do solo apresenta estreita relação com o cultivo e o manejo dos restos culturais. Nesse sentido, observa-se que o cultivo intensivo tradicional exerce efeito negativo na agregação, haja vista a redução do teor de carbono, que se torna mais pronunciada com a queima ou remoção (mecânica ou pela erosão) dos restos culturais (BARBOSA et al., 1998).

Oliveira et al. (2003) enfatizam que, dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico, pois atua diretamente na estrutura. Em estudo para avaliar as alterações estruturais e o comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho sob Cerrado, sistema de plantio direto e preparo com arado de discos em diferentes profundidades, os autores concluíram que o preparo com arado de discos foi o que mais afetou a estrutura do solo, fato constatado pela maior densidade do

solo, causada pela ação do implemento na profundidade de 20-30 cm. Além disso, constataram que na profundidade de 0-5 cm, na seqüência Cerrado e plantio direto, foram observados valores de DMG maiores do que o preparo com arado de discos. Isso pode ser decorrente dos mais altos teores de C-orgânico presente nesses sistemas, exercendo papel preponderante na formação e preservação de macroagregados no solo, além da nula e/ou pequena movimentação de solo nessas áreas.

Corrêa (2002) estudando o efeito de diferentes sistemas de cultivo na estabilidade de agregados em água de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência-MT constatou que os sistemas de cultivo manifestaram-se mais intensamente sobre os agregados de diâmetro maior que 2,00 mm, entre 1,0 e 0,5 mm e entre 0,5 e 0,2 mm, tomando-se a mata como condição original. No sistema plantio direto da soja sobre a palhada do milho por dois anos consecutivos, a porcentagem de agregados maiores que 2,00 mm foi de 36,2 %, enquanto nos sistemas de cultivo através do preparo de área com grade aradora e niveladora, para os plantios sucessivos de soja durante três e cinco anos as porcentagens de agregados maiores que 2 mm foram de 23,6 e 22,5 %, respectivamente. Portanto, sistemas que adotam menor revolvimento do solo e adição de palhada sobre a superfície podem deter o declínio da qualidade estrutural dos solos cultivados, bem como promover a recuperação dos já degradados.

Ainda neste experimento, constatou-se que na camada superficial, os valores do diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados foram significativamente menores em todos os sistemas de cultivo, principalmente, nas áreas onde o preparo foi mais intensivo, com grade aradora e grade niveladora e monocultivo da soja por quatro e seis anos. Os sistemas de cultivo dessas áreas reduziram o DMP dos agregados de 63 e 70,5 %, respectivamente, em relação à mata natural. Entre os sistemas de cultivo, o que envolveu a semeadura direta durante dois anos foi o que proporcionou maior valor de DMP. Nessa área, o DMP dos agregados da camada superficial foi superior a 10,8 e 28,8 % aos das áreas com solo preparado com grade aradora e niveladora por seis anos para plantio de arroz e soja e na área cultivada durante quatro anos também com grade aradora e niveladora para plantio de arroz no primeiro ano e soja, respectivamente (CORRÊA, 2002).

Segundo o referido autor, houve uma tendência de aumento na porcentagem de agregados de diâmetro maior que 2 mm e no DMP, quando foram

incrementados os teores de matéria orgânica, um poderoso agente de formação e estabilização dos agregados em solos com baixo teor de argila.

Lima et al. (2003) avaliando o efeito de sistemas de preparo convencional, cultivo mínimo, semeadura direta e arroz pré-germinado sobre o estado de agregação de um Planossolo Hidromórfico por meio da distribuição de agregados estáveis em água e do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), concluíram que o SPD favoreceu a formação de agregados de maior tamanho, originando maior diâmetro ponderado de agregados tendo sido correlacionado linear e positivamente com o C-orgânico.

A matéria orgânica, segundo Mello et al. (1983) torna os solos mais friáveis, mais fáceis de serem trabalhados por promover a formação de grânulos e estabilizá-los. A estrutura granular aumenta a porosidade e por isso facilita a movimentação do ar e de água na zona radicular, e oferece melhores condições para a emergência das plantas e o desenvolvimento das raízes.

D'Andréa et al. (2002) buscando verificar o grau de dependência entre alguns atributos relacionados com agregação do solo e os índices de agregação em diferentes sistemas de preparo, constataram que os sistemas de plantio direto apresentaram elevada estabilidade de agregados. Tal fato foi atribuído a ausência de movimentação do solo, o que favorece a formação e estabilização dos agregados, uma vez que a ruptura de agregados grandes em pequenos pela ação de implementos é mínima, ao contrário do encontrado no sistema convencional. Dentre os sistemas estudados, a situação menos adequada em termos de agregação foi observada no sistema convencional, caracterizada por constantes e sucessivas operações de movimentação do solo resultando na pulverização e desagregação do solo. Admitem ainda, a importante contribuição do C-orgânico no processo de agregação do solo na camada superficial. Estes resultados confirmam os de outros trabalhos de avaliação da qualidade do solo como os de Castro Filho et al. (1998); Lima et al. (2003); Oliveira et al. (2003).

Silveira (1997), estudando os efeitos do uso e manejo nas características de Latossolos e Solos Podzólicos (Argissolos), EMBRAPA (1999), sob condições de uso agrícola e sob condições naturais, concluiu, dentre outras, que a porosidade total dos horizontes superficiais em relação à mata nos Latossolos diminuiu 15 % nos solos sob pastagem e 17 % sob cana-de-açúcar, sendo que, para os Podzólicos, a diminuição foi de

21 % sob cana-de-açúcar e de 17 % sob pastagem; os valores de volume total de poros dos Latossolos e dos Podzólicos sob mata, pastagem e cana-de-açúcar foram de 41, 36 e 35 % e de 46, 43 e 36 % respectivamente, nos horizontes superficiais, evidenciando que há uma melhoria da estrutura do solo quando poucas mobilizações são aplicadas. Os valores médios do diâmetro médio ponderado dos agregados, obtidos por via seca, dos horizontes Ap dos solos Podzólicos sob mata, cana-de-açúcar e pastagem, variou de 0,50; 0,54 e 0,60 mm, respectivamente, indicando que o uso com pastagem por mais de dez anos melhora a estrutura do solo.

Carpenedo e Mielniczuk (1990) objetivando avaliar a estabilidade e a qualidade dos agregados em água de um Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho) EMBRAPA (1999), concluíram também que o solo sob pastagem apresenta melhora considerável na estrutura em relação ao preparo convencional. Afirmam que o solo, quando submetido a cultivos intensivos, tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores, com conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos e da densidade. A magnitude com que essas alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo utilizados (CORRÊA, 2002).

Bertol et al. (1998) estudando o comportamento de algumas propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural, concluíram, dentre outras, que o diâmetro médio ponderado dos agregados aumentou com a elevação da oferta de forragem na profundidade de 0-3 cm. Isso indica que o aumento da oferta de forragem, com o possível aumento no volume de raízes das espécies vegetais que compunham a pastagem refletiu positivamente na estrutura do solo. Com isso, o solo tornou-se mais resistente à desagregação, aumentando o diâmetro médio dos agregados nos tratamentos com maior oferta de forragem e conseqüente menor pressão de pastejo.

Os autores concluíram ainda, que a taxa de infiltração de água no solo diminui com a redução da oferta de forragem. Tal comportamento é explicado pela reduzida percentagem de macroporos ocasionada pela pressão exercida pelos cascos dos animais. O comportamento da taxa de infiltração da água indicou que a estrutura da superfície do solo encontrava-se degradada nos tratamentos de menor oferta de forragem (4 e 8 %), equivalente a maiores pressões de pastejo, em relação àqueles de maior oferta de forragem.

Beutler et al. (2001) objetivando avaliar a agregação de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo (semeadura direta e cultivo contínuo com milho; semeadura direta e cultivo em rotação com milho e feijão; preparo convencional com grade aradora e cultivo contínuo com milho; preparo convencional com arados de discos e cultivo contínuo com milho; preparo convencional com arado de discos e cultivo com rotação de milho e feijão e cerrado nativo como testemunha). Constataram que os maiores teores de matéria orgânica foram observados no cerrado nativo, seguido pela semeadura direta e a menor quantidade foi observado no sistema de preparo convencional com grade aradora e cultivo contínuo com milho na profundidade de 20-30 cm, o que promove uma maior incorporação da matéria orgânica em maiores profundidades.

Com relação à estabilidade de agregados, expressos pela distribuição de agregados nas classes >2 , <2 , entre 2-1 e <1 mm para as profundidades efetuadas na camada superficial (0-5 cm), as maiores percentagens de agregados >2 mm foram observados no cerrado nativo e nos sistemas de manejo com semeadura direta. Esses dados estão em sintonia com a correlação positiva entre a matéria orgânica e a percentagem de agregados >2 . Isso se deve, em parte, ao efeito mecânico do revolvimento do solo pelas operações de preparo convencional que fracionaram os agregados maiores, pela possível oxidação da matéria orgânica, indicada pelo seu maior teor nestes sistemas de manejo. Os sistemas de manejo do solo propiciaram valores de diâmetro médio geométrico menor do que o do cerrado nativo em todas as profundidades. Isso permite inferir que todos os sistemas de manejo causaram efeitos negativos na estabilidade de agregados (BEUTLER et al., 2001).

Bertol et al. (2001) em trabalho desenvolvido num Cambissolo Húmico com o objetivo de avaliar modificações em algumas propriedades físicas do solo afetadas pelo manejo, avaliaram os seguintes tratamentos: preparo convencional com uma aração + duas gradagens, semeadura direta (ervilhaca e milho) e um tratamento com campo nativo pastejado. Concluíram que houve tendência de diminuição do DMP da ordem de 12 % na profundidade de 0-2,5 cm no preparo convencional em relação à média do sistema direto e do campo nativo. Nas demais profundidades, a diferença do DMP entre os tratamentos foi de cerca de 20 % menor no preparo convencional do que na média dos demais sistemas de tratamento. Isso pode ser explicado pelo revolvimento mecânico periódico do solo realizado no preparo convencional e, também, pelo baixo aporte de matéria orgânica nesse sistema de

manejo. O DMP dos agregados estáveis em água varia conforme o sistema de manejo, sendo menor no preparo convencional do que no campo nativo e na semeadura direta, exceto na profundidade de 0-2,5 cm.

Palmeira et al. (1999) determinaram o tamanho e a estabilidade dos agregados em água seguindo o princípio do método descrito por Kemper e Chepil (1965) que utiliza o aparelho de oscilação vertical de Yoder (1936), concluíram, dentre outras, que com exceção do solo mantido sob cultivo, os demais tratamentos apresentaram maior concentração de agregados estáveis em água na classe de 1,0-0,25 mm, o que evidencia os efeitos da ação antrópica na diminuição do tamanho dos agregados.

Albuquerque et al. (2000) esclarecem que um solo com agregados grandes não é necessariamente estável, exemplificado pelo Brunizem Vértico (Chernossolo Argilúvico Vértico), EMBRAPA (1999), com agregados grandes quando peneirado a seco, porém com baixa estabilidade em água.

4.3.2 Densidade e porosidade do solo

Os diferentes usos e sistemas de manejo exercem influência sobre a formação e estabilidade dos agregados. Desse modo, a constante movimentação de máquinas e implementos assim como o pisoteio de animais, contribui para causar alterações no tamanho dos agregados, o que acaba por alterar outras propriedades como a porosidade e a densidade do solo, podendo levar a casos extremos de degradação como a erosão e a compactação (JORGE, 1985).

Para que os solos proporcionem boa produtividade e sustentabilidade agrícola, eles devem ser bem estruturados, o que pressupõe a presença de agregados estáveis e de poros de tamanhos diversos que garantam retenção de água, aeração e atividade de microorganismos. Para tanto, é necessária a utilização de práticas conservacionistas, as quais minimizem ou eliminem a erosão, ao mesmo tempo em que mantenham o sistema conservado e viável do ponto de vista do cultivo e da conservação do solo (BARBOSA et al., 1998).

O preparo do solo, superficial ou profundo, mas com sucessivas gradagens niveladoras, forma a camada superficial compactada, impedindo o desenvolvimento das raízes e o armazenamento de água (ASSIS e BAHIA, 1998). A compactação do solo está

indiretamente ligada à estrutura e a porosidade. Como o solo é um material eminentemente poroso, por compressão, a mesma massa de material sólido pode ocupar um volume menor, prejudicando assim a estrutura, o arranjo dos poros, o volume de poros e as características de retenção de água, relacionados diretamente com os vazios ou porosidade do solo (QUEIRÓZ NETO et al., 1966).

Existe estreito relacionamento entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento das plantas. Solos desestruturados e compactados geralmente apresentam valores baixos de porosidade, dificultando a penetração de raízes e a difusão de oxigênio. Indubitavelmente, a recuperação de áreas degradadas passa por um bom manejo do solo norteadas nos princípios da mínima mobilização do solo, procurando mantê-lo coberto o maior tempo possível e promover a rotação de culturas (PALMEIRA et al., 1999).

Kobiyama et al. (2001) reforçam a premissa de que o preparo do solo interfere na estrutura e nas condições de superfície, determinados pela manutenção ou não da cobertura vegetal. A prática constante de revolver o solo promove maiores perdas de matéria orgânica, aumentando a densidade do solo nos 30 cm superficiais (pé-de-grade). Conseqüentemente, diminui a porosidade e a aeração, prejudicando o enraizamento, a fauna edáfica e a infiltração d'água. A camada compactada apresenta um aumento da densidade do solo, comprometendo a drenagem da água, aumentando o escoamento superficial, causando maior risco de erosão.

Entre os agregados ocorrem espaços vazios denominados poros onde se alojam a solução do solo e o ar. Sendo assim, a distribuição relativa dos diferentes tamanhos de poros é função da estrutura do solo. A porosidade pode ser definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço do solo não ocupado pela matrix (componentes orgânicos e inorgânicos). A porosidade depende principalmente da textura e da estrutura dos solos. A microporosidade é a principal responsável pela retenção da água, enquanto que a macroporosidade deixa a água escorrer com certa rapidez, passando os vazios a serem ocupados pelo ar. Um solo ideal para o bom desenvolvimento do sistema radicular deve apresentar, na sua fase sólida, 1/3 de macroporos (16,5 %) e 2/3 de microporos (33,5 %) (KIEHL, 1979).

A perda de porosidade está associada á redução do teor de matéria orgânica, a compactação e ao efeito do impacto das gotas de chuva, fatores esses que,

causando uma diminuição no tamanho dos agregados, reduzem, em conseqüência, o tamanho dos poros (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Para os referidos autores, a densidade do solo é o volume do solo natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Ela é variável e depende da estrutura e da compactação. Quanto menos estruturado e compactado for o solo, maior será o valor da densidade do solo. Geralmente observa-se um aumento da densidade do solo com a profundidade do perfil devido à pressão das camadas subjacentes, provocando o fenômeno da compactação, reduzindo a porosidade, restringindo o crescimento das plantas.

As camadas compactadas produzem as seguintes condições desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas: a) impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular; b) restrição ao movimento da água e do ar ao longo do perfil. Como resultado, tem-se que a compactação prejudica o desenvolvimento do sistema radicular; dificulta a penetração dos adubos; provoca pequena infiltração de água; diminui as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (ASSIS e BAHIA, 1998).

Segundo Klein e Libardi (2002) a compactação do solo acarreta a redução do espaço poroso, principalmente dos macroporos, o que afeta as propriedades físico-hídricas. Para esses autores, o uso e o manejo do solo alteram a sua densidade e, conseqüentemente, a porosidade total e a de aeração.

A água no solo desempenha um papel importante como meio natural de transporte de íons para as raízes, sendo um dos principais fatores de determinação do potencial produtivo de um solo. As técnicas de manejo que aumentam a reciclagem de resíduos vegetais e os mantêm na superfície do solo, aumentam a infiltração e diminuem as perdas de água por evaporação, constituindo-se um dos importantes meios de conservação de água (CHAVES e CALEGARI, 2001).

Carvalho et al. (1999) para verificar o comportamento físico-hídrico em cinco sistemas de manejo em um Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolo Vermelho-Amarelo), EMBRAPA (1999), encontraram que o uso da grade pesada reduziu os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais, acarretando o adensamento da camada superficial manifestado no aumento da densidade do solo e na diminuição no número de poros na camada de 0-15 cm. Identificaram aumento nos valores da densidade de partículas em profundidade, devido, provavelmente, à diminuição dos teores de matéria orgânica, no mesmo sentido. No

sistema de plantio direto, baseado na manutenção da cobertura vegetal, identificou-se menor desagregação, maiores diâmetros dos agregados, conferindo ao solo maior infiltração de água e maior resistência à erosão pela ocorrência de maior porcentagem de agregados maiores que 2,00 mm. Os tratamentos com maiores teores de matéria orgânica tenderam a contribuir para maior diâmetro dos agregados, com exceção do sistema grade pesada na profundidade de 0-15 cm em razão de o implemento promover efeito desagregante nesta profundidade.

Corsini e Ferraudo (1999) estudando aos efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade de um Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho), EMBRAPA (1999), em diferentes profundidades, constaram aumento na porosidade estrutural no solo mantido sob plantio direto atribuindo tal feito à diminuição da repetibilidade no preparo do solo, à proteção representada pelos restos culturais e aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial. Nesse caso, evita-se a ação da água das chuvas sobre o solo exposto, principalmente sobre os agregados menores e menos estáveis. Nessas condições, tornou-se mais adequada a relação ar/água e o potencial de desenvolvimento radicular. Os autores verificaram também que a adoção do plantio direto por oito anos aumentou a macroporosidade nas camadas de 0-25 cm de profundidade, exceção feita à camada de 0-10 cm, na entrelinha da cultura, onde, devido ao tráfego de máquinas e pessoas, os valores de densidade do solo e de macroporosidade não diferiram dos encontrados no solo cultivado convencionalmente.

Veihtmeyer e Hendrickson (1948) citados por Mello et al. (1983) constataram que nenhuma raiz foi encontrada em solos com densidade do solo acima de 1,9 inclusive, em outras observações, quando a densidade era 1,7 e 1,8 já havia dificuldade de penetração. Em solos argilosos, com densidade entre 1,6 e 1,7 não observaram penetração de raízes.

Bertol et al. (2000) avaliando propriedades físicas de um Cambissolo Húmico Álico afetadas pelo manejo, identificaram que a densidade do solo foi 12 % maior na semeadura direta do que no preparo convencional na média das profundidades estudadas. Esse comportamento é explicado pela densidade média 28 % maior nas camadas 0-2,5 e 2,5-5,0 cm na semeadura direta, devido à pressão exercida no solo pelas operações de manejo efetuadas durante os cultivos, bem como à consolidação natural do solo em função da ausência de preparo nesse sistema de manejo. No entanto, o aumento da densidade na semeadura direta nas

camadas superficiais não foi transmitida para as camadas mais profundas. No preparo convencional, a densidade tendeu a aumentar com a profundidade, podendo ser explicado pelas operações que foram executadas periodicamente nesse sistema, as quais aumentaram a macroporosidade e diminuíram a densidade na camada superficial, acarretando um comportamento inverso dessas variáveis nas camadas mais profundas.

A degradação da estrutura causa perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo amenizam esses problemas e agem no sentido de restaurar-lhe a estrutura (ALBUQUERQUE et al., 1995).

4.4 Determinação da estabilidade de agregados

Segundo Beutler et al. (2001) as conseqüências diretas do manejo inadequado do solo são a erosão, a redução da produtividade e a perda de sua sustentabilidade. Sendo assim, os indicadores de qualidade da estrutura do solo são importantes ferramentas para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de manejo. Para tanto, é necessário se valer de métodos que quantifiquem e qualifiquem as condições estruturais, imprescindíveis para avaliar a qualidade do solo (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990).

A condição estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: avaliações de parâmetros relacionados à forma da estrutura, como densidade do solo e porosidade, e avaliações de parâmetros relacionados à estabilidade da estrutura (ALBUQUERQUE et al., 1995).

De acordo com Baver et al. (1973) ao avaliar a agregação dos solos, o que interessa é a distribuição de tamanhos, a quantidade e a estabilidade dos agregados. Esses fatores da agregação são importantes na determinação da quantidade e da distribuição dos poros associados com os agregados e a suscetibilidade destes à erosão hídrica e eólica.

A literatura registra inúmeros trabalhos que relatam tentativas de caracterização da estrutura através da análise de agregados em laboratório. Essa análise, para a qual existem vários métodos, resume-se na mensuração da distribuição de agregados agrupados em classes de diâmetros arbitrários e segundo critério variável de estabilidade. Dentre os vários métodos, o mais generalizado é o de Tiulin (1928) modificado por Yoder

(1936). A desintegração da massa do solo é realizada por meio de uma desagregação suave. As unidades estruturais da massa do solo que mantêm a sua identidade como agregados serão aquelas nas quais as forças de coesão entre partículas unitárias são maiores que as de desagregação. Conseqüentemente, o fator que influencia a distribuição do tamanho do agregado do solo é a maneira pela qual a massa do solo é desagregada, e, de certa forma, é arbitrária (GROHMANN, 1975).

Para Yoder (1936) a tendência dos solos para decompor-se em torrões pequenos dentro dos agregados sobre a influência da umidade, altera um ou mais significados dinâmicos das propriedades dos solos em relação ao controle da erosão e práticas da agricultura. Desta forma, sugere a determinação da estabilidade de agregados por via úmida como método mais indicado para determinar suscetibilidade a processos erosivos hídricos. Este método pressupõe a hidratação, por capilaridade, com posterior sedimentação e peneiramento das amostras a serem analisadas. Segundo o referido autor, ainda que desta maneira a massa umedecida torne-se muito “macia”, os agregados tendem a conservar suas formas quando mergulhados em água.

Segundo Kemper e Chepil (1965) a imersão direta do solo seco na água causa um grande impacto para os agregados, o que pode ser amenizado quando a amostra é molhada devagar, por pulverização como uma lenta névoa.

Angulo et al. (1984) alertam para o fato de que, para que a determinação da estabilidade dos agregados tenha um significado de campo, as forças responsáveis pela desintegração da massa do solo deverão ser semelhantes às que atuam no campo. Desta forma, o método mais indicado para determinar a estabilidade de agregados parece ser o de peneiramento em água (YODER, 1936 citado por ANGULO et al., 1984).

O tamanho dos agregados e o estado de agregação podem ser determinados de várias formas. Segundo Kemper (1965) e Kemper e Chepil (1965) podem ser usados como parâmetros o Diâmetro Médio Ponderado (DMP), o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA). Cada um deles apresenta um princípio diferente: o DMP é tanto maior quanto maior for a percentagem de agregados grandes retidos nas peneira com malhas maiores; o DMG representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; o IEA representa uma medida de

agregação total do solo e não considera a distribuição por classes de agregados. Quanto maior a quantidade de agregados <0,25 mm, menor será o IEA (CASTRO FILHO et al., 1998).

Baver et al. (1973) defendem que tanto o DMP quanto o DMG representam, igualmente, bons índices de agregação.

Castro Filho et al. (1998) determinaram a distribuição das classes de agregados por meio de tamisamento a úmido pelo método de Yoder (1936), para duas profundidades (0 – 10 e 10 – 20 cm) utilizando dois métodos de preparo das amostras: amostras obtidas com peneiragem a 4 e 8 mm. Para as amostras obtidas com peneira de 4 mm, cada conjunto no tamisador era constituído por peneiras com malhas de 2,0 – 1,0 - 0,5 e 0,25 mm de diâmetro, sendo quantificado o solo retido em cada peneira e, ainda, aquele que passou através da última peneira (<0,25 mm), obtendo-se 5 classes de agregados, cujos diâmetros médios eram respectivamente, 3,0 – 1,5 – 0,75 – 0,375 e 0,125 mm. Quando as amostras foram preparadas com peneira de 8 mm, acrescentou-se a peneira com malha de 4 mm no tamisador, obtendo-se assim, 6 classes de agregados, sendo o diâmetro médio dessa classe de agregados de 6 mm. Os autores concluíram que o método de preparo das amostras coletadas a 0 – 10 cm de profundidade detectou diferenças na agregação das partículas e o método de preparo com peneira 8 mm melhorou a sensibilidade para a determinação do estado de agregação em função dos processos de manejo do solo.

Angulo et al. (1984) trabalharam com dois métodos de determinação por via úmida; um com imersão dos agregados a pressão atmosférica e outro com imersão a vácuo. A metodologia adotada foi a recomendada por Kemper (1965) e Kemper e Chepil (1965) com algumas modificações. Concluíram, dentre outras, que houve uma menor variabilidade dos testes realizados com imersão a vácuo; que num mesmo solo e horizonte, existem agregados com características muito diferentes quanto à sua capacidade de resistir à imersão a pressão atmosférica e ao impacto da gota de água; todas as amostras apresentaram diferentes graus de aumento da estabilidade dos agregados ao se eliminar o efeito do ar retido nos poros durante a imersão a vácuo; alguns apresentaram uma suscetibilidade maior à desagregação provocada pelas forças de abrasão que atuam no peneiramento, do que pelo impacto das gotas de água; para os solos estudados, a estabilidade de agregados poderia ser representada apenas por determinada fração de agregados tão bem quanto o DMP e o DMG, os quais implicam a determinação de várias frações e cálculos mais complicados. A fração que

apresentou melhor correlação com DMP e com o logaritmo do DMG, foi a dos agregados > 2 mm, seguida dos agregados > 4 mm e > 1 mm.

A resistência do solo à desagregação pode ser avaliada pela estabilidade que os agregados apresentam quando submetidos ao choque pela água por determinado período de tempo. É possível que um solo adensado, com a estrutura degradada, apresente uma alta estabilidade de agregados em água e, ao mesmo tempo, uma relação entre microporos e porosidade total completamente alterada em relação à ideal. Solos com maior estabilidade de agregados em água apresentam maior diâmetro médio de agregados. No entanto, é comum solos submetidos a menores pressões mecânicas e menos degradados apresentarem maior estabilidade de agregados, com conseqüente maior diâmetro médio ponderado de agregados, do que outros mais degradados (TISDALL et al., 1978 citados por BERTOL et al., 1998).

Sobre este assunto, Angulo et al. (1984) constataram o contraste entre a alta percentagem de agregados estáveis >0,25 mm e as baixas percentagens de agregados maiores. Os resultados obtidos nos testes de resistência ao impacto da gota de água, mostram a alta variabilidade dos agregados para o mesmo solo, podendo-se observar a freqüência de ocorrência de agregados de diferentes resistências.

Silva e Mielniczuk (1997) objetivando identificar o efeito do sistema radicular de diferentes culturas sobre a formação e estabilização de agregados do solo, valeram-se da determinação da estabilidade dos agregados em água utilizando o método descrito por Tisdall et al. (1978), modificado por Carpenedo e Mielniczuk (1990), com três repetições, nas seguintes classes de diâmetro: >2,00, 2,00-1,00, 1,00-0,25, 0,25-0,10, 0,10-0,05 e <0,05 mm. A distribuição de tamanho de agregados a seco foi realizada para avaliar como estes se encontravam no solo, utilizando-se as mesmas classes de diâmetro referidas e, para separação, um conjunto de peneiras e um vibrador Produtest, que funcionava durante um minuto por amostra. A massa do material retido em cada peneira, após pesagem, foi corrigido para a massa da matéria seca em estufa a 105 °C.

Os referidos autores concluíram, a partir do diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu), que os valores obtidos por peneiragem seca foram elevados, diferindo muito pouco entre si, variando de 3,041 a 4,397 mm. Já o DMPAu apresentou ampla variação entre os tratamentos,

com valores entre 0,761 e 3,435 mm nos mesmos solos e tratamentos, respectivamente. Pela comparação entre DMPAs e DMPAu, verificou-se que os agregados do solo apresentaram comportamentos bastante diferentes quando submetidos ao umedecimento e, posteriormente a peneiragem úmida, demonstrando que os tratamentos, em função dos diferentes tipos de uso, conferiram ao solo estabilidade diferenciada.

A relação DMP_u/DMP_s representa um índice de estabilidade das unidades estruturais em água, isto é, quanto maior o valor dessa relação, maior é a estabilidade dos agregados em água. Do comportamento desse índice, infere-se a influência dos diferentes constituintes desses solos, como teores de carbono orgânico, ferro e alumínio-oxalato e argila na estabilidade dos agregados (SILVA e MIELNICZUK, 1998).

A pequena variação entre os valores de DMPAs deve-se ao método empregado, que não distingue os agregados recentemente formados daqueles que, além de formados, já sofreram um processo de estabilização. Dessa forma, nos tratamentos submetidos à mecanização agrícola por exemplo, a agregação pode ocorrer por ação de compressão das partículas do solo, sem, entretanto, ocorrerem os mecanismos que contribuem para a estabilização desses agregados, e, conseqüentemente, das unidades estruturais (SILVA e MIELNICZUK, 1998).

Silva et al. (1998a) objetivando determinar a resistência de agregados ao impacto de gotas de chuva simulada e compará-los com a estabilidade dos agregados em água, utilizaram o trabalho de Bruce-okine e Lal (1975) que por sua vez basearam-se em McCalla (1944) e nas recomendações de Kemper e Rosenau (1986), respectivamente. Concluíram, dentre outras, que o método do impacto de gotas de chuva simulada apresenta boa performance e proporciona maior discriminação entre os tratamentos em relação ao método de estabilidade de agregados, indicando a possibilidade de adoção do método do impacto de gotas em estudo dessa natureza. Tais resultados são compatíveis com os encontrados por Angulo et al. (1984).

Alvarenga et al. (1986) utilizaram os métodos de determinação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida, preconizadas por Kemper e Chepil (1965) e Yoder (1936), respectivamente. Concluíram, dentre outras, que mais de 30 % dos agregados peneirados a seco, possuem diâmetro $>9,52$ mm e que, dos agregados estáveis em água, mais de 60 % desses eram maiores do que 2,00 mm. Além disso, os autores afirmam que é possível

utilizar a porcentagem de agregados (>2,00 mm), estáveis em água, para expressar a agregação do solo, com a vantagem de poder ser determinada com maior rapidez do que o DMG, que utiliza todas as frações de tamanho. Resultados semelhantes também foram obtidos por Angulo et al. (1984).

Castro Filho et al. (1998) constataram que para determinar os índices de agregação, é necessário preparar adequadamente a amostra a ser analisada. Esse processo compreende as fases de peneiragem da amostra no campo e, no laboratório, molhamento uniforme antes do tamisamento. Para tanto, os autores submeteram as amostras a dois processos de preparo: uso das peneiras de 4 e 8 mm antes do tamisamento úmido (método preconizado por YODER, 1936). Os pesquisadores concluíram, dentre outras, que o uso da peneira 4 quebrou os agregados maiores em relação à peneira 8, resultando em índices de agregação menores. Além disso, o uso da peneira 4 pode ter levado a uma compactação da amostra, fazendo com que os pequenos agregados se unissem, resultando em um IEA artificialmente maior, quando comparado ao preparo da amostra com peneira 8. Desta forma, constataram que é necessário testar peneiras com malhas superiores, para reduzir o rompimento dos agregados do solo e eliminar a compactação artificial, melhorando, assim o preparo das amostras para obtenção de índices de agregação mais representativos.

Wohlenber et al. (2004) objetivando determinar a influência de sistemas de culturas, de cobertura do solo e do teor de matéria orgânica sobre a agregação de um Argissolo Vermelho-Amarelo, analisaram amostras obtidas a uma profundidade de 0-0,05 m. Trabalharam com agregados que passaram por peneira de 8,00 mm e ficaram retidos nas peneiras de 4,76 mm e agregados que passaram por peneiras de 8,00 mm. Três sub-amostras de cada fração foram submetidas à análise da distribuição do tamanho de agregados estáveis em água pelo método-padrão e pelo modificado (KEMPER e CHEPIL, 1965 citados por WOHLLENBER et al. 2004). No método-padrão, usaram-se da classe 8,00 a 4,76 mm e todas as especificações descritas e, no método modificado a seco, usaram-se os agregados menores que 8,00 mm. A estabilidade dos agregados foi expressa pelo diâmetro médio geométrico padrão (DMGp), modificado (DMGm) e a seco (DMGs), porcentagem de agregados por classe de tamanho (PA) e índice de estabilidade de agregados (IE). Os autores concluíram, dentre outras, que o DMG dos agregados obtidos por peneiramento a seco apresentou valores com menor amplitude do que aqueles obtidos por via úmida, em virtude da força adicional de

destruição dos agregados em água. A determinação a seco foi essencial para verificar o quanto a massa de agregados do solo por classe se modifica pelo tamisamento em água a partir da distribuição inicial a seco. Como no processo de secagem os agregados atingiram estados de alta coesão, o DMGs não foi boa propriedade isolada de diferenciação de tratamentos de manejo de solos e culturas.

Visando estudar o efeito do tempo de incubação e a influência dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a ação de compostos orgânicos na agregação de um Latossolo Vermelho distrófico, Bastos et al. (2005) avaliaram a estabilidade de agregados por via seca e úmida nos horizontes A e B do referido solo. Para o peneiramento a seco, utilizaram peneiras de 4,00 e 2,00 mm e um vibrador Produtest, agitando a amostra por 5 minutos, na graduação nº 5 do aparelho. Parte de cada fração foi seca em estufa a 105 °C para correção de seu peso. Calcularam o DMP e o DMG, como proposto por Kemper e Chepil (1965). Para avaliar a estabilidade de agregados por via úmida, foram usadas 20 g de solo pré umedecidos conforme Kemper e Chepil (1965). A análise seguiu a metodologia preconizada por Yoder (1936), depois de mantidas em temperatura ambiente por trinta minutos, essas amostras foram colocadas no aparelho de oscilação vertical sobre um conjunto de peneiras de 20,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro. Transcorridos 15 minutos, as porções retidas em cada peneira foram secas em estufa a 105 °C por 24 horas para posterior pesagem. Foram calculados o DMP, o DMG e o IEA.

Os referidos autores concluíram, dentre outras, que todos os compostos orgânicos (amido, ácido esteárico e ácido húmico) melhoraram a agregação do solo. Identificaram que, nas análises via úmida, o efeito do ácido húmico foi parecido com a análise via seca. Ressaltam ainda que, enquanto os dados da via seca têm valores sempre maiores em B, nas análises via úmida isso se inverte. Esses resultados indicam que a formação de agregados estáveis em água é influenciada pelo conteúdo inicial de matéria orgânica do solo.

De acordo com Kiehl (1979) o tamisamento a seco consiste em destorroar uma amostra de solo resultando em agregados que são passados por um jogo de peneiras com malhas de dimensões decrescentes. Pesando-se as frações retidas em cada peneira, calculam-se as classes de tamanho de agregados e sua distribuição. O autor afirma

que o método fornece uma boa representatividade da distribuição dos agregados, sendo usado para se obter índices para estudo de erosão eólica.

O solo seco como se encontra no campo se usa para avaliar a distribuição de torrões e agregados. Considera-se que esta determinação dá uma melhor idéia da agregação de solos áridos já que, em estado úmido, os agregados perdem a coesão. A determinação por via seca proporciona um índice importante para caracterizar a suscetibilidade dos solos à erosão eólica (BAVER et al.,1973).

Para Kemper e Chepil (1965) o uso de peneiras rotativas para determinação do tamanho de agregados secos, dá resultados consistentes sem restrição quanto a quantidade de amostras de solo usadas. Além disso, segundo os referidos autores, este método causa menos decomposição química que o método por via úmida e é bem apropriado para determinar a relativa resistência do solo para decompor-se por forças mecânicas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

O presente trabalho foi realizado no município de Anhumas-SP, em uma propriedade agrícola, área piloto, cujo solo e agrossistema são representativos do referido município e do Oeste do Estado de São Paulo como um todo. Ocorrem predominantemente ARGISSOLOS textura arenosa/média sob uso, há mais de vinte e cinco anos, com culturas anuais e pastagem no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período. Foi estudado também, o mesmo tipo de solo sob floresta como padrão de comparação, uma vez que mantém as características edáficas originais. A localização dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual, descritos e amostrados para análises químicas e físicas de rotina e da estabilidade de agregados, pode ser observado na Figura 1.

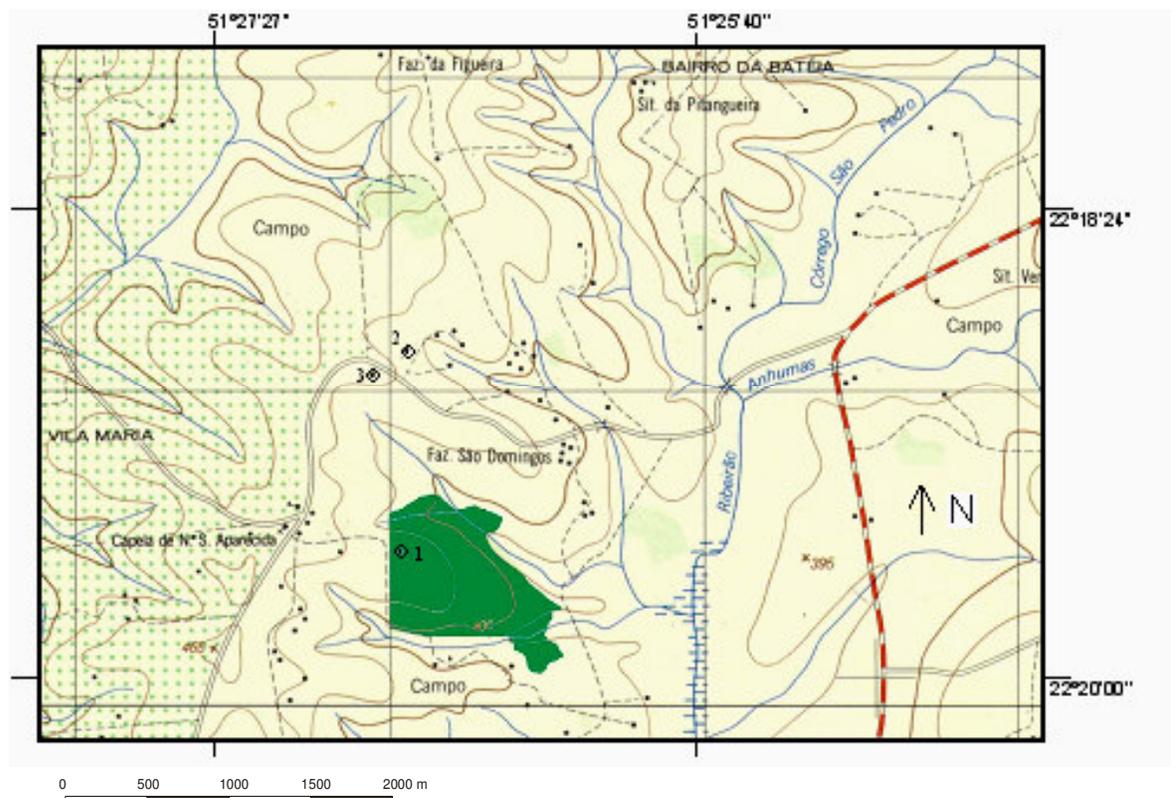


Figura 1 – Localização dos perfis de solo sob floresta (1), pastagem (2) e cultura anual (3) estudados no município de Anhumas – SP. (Fonte: Carta do Brasil – Folha SF-22-Y-B-III-3. FIBGE, 1974).

5.1.1 Histórico agrícola da área piloto

A propriedade agrícola, sítio São Luis (Figura 2), onde foram descritos e amostrados perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual para o presente trabalho, localiza-se no município de Anhumas, Oeste do Estado de São Paulo, e a sua sede tem as seguintes coordenadas geográficas: 22°19'09" de Latitude Sul e 51°26'21" de Longitude Oeste Grw.

A propriedade foi adquirida em 1933 pelo pai do atual proprietário, Sr. José Aparecido Udenal, que a herdou em 1988. A área total do imóvel é de 33,88 ha, destes

21,78 ha são destinados à principal atividade, a pecuária. O pasto é formado por *Brachiária decumbens* Stapf, que garante a manutenção de 130 cabeças de gado (corte e leite).

Para a formação da pastagem com capim *Brachiaria decumbens* Staph, (braquiária) são necessários, em média, de 33 a 41 kg de semente por hectare. Antes da semeadura são apenas incorporados ao solo os resíduos da colheita anterior. Após seis anos, a pastagem é retirada por tombamento e efetuada de 2 a 3 gradagens visando o preparo do solo para o próximo cultivo. Esta braquiária é uma gramínea perene, herbácea, decumbente, que ocupa totalmente o terreno devido a grande capacidade que possui em se alastrar, formando uma densa vegetação de 60 a 70 cm de altura. Bastante agressiva, essa forrageira ocupa rapidamente o terreno, gramando-o de forma eficiente, impedindo qualquer processo de erosão. Por essa razão, a *Brachiaria decumbens* tem sido a gramínea preferida para formar pastagens em terrenos mais declivosos (PUPO, 1985).

A área da propriedade é cultivada há mais de 25 anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período, seis anos. Até 1990, a rotação de culturas era feita com feijão, milho, amendoim e/ou algodão. Com a entrada da batata-doce na região por volta de 1990, a rotação está sendo feita da seguinte maneira: feijão, batata-doce e milho. Nesse sistema de manejo a produtividade média por hectare é a seguinte: 62 sacas de milho, 25 sacas de feijão e 723 caixas de 25 kg de batata-doce, ou seja: 3,72 t de milho; 1,5 t de feijão, valores acima das médias estadual e nacional, e 18,08 t de batata-doce, valor que está dentro da média nacional.

No solo sob agricultura, em cada rotação de cultura são feitas uma aração e uma gradagem. São incorporados ao solo resíduos animais (esterco de gado bovino) e resíduos vegetais, deixados no campo após a colheita. Além disso, é feita calagem com calcário dolomítico (carbonato de cálcio e de magnésio) e adubação mineral, N-P-K, em proporções recomendadas e que podem variar de acordo com a cultura e as condições de fertilidade do solo, verificada através de análise química de amostras de terra. Normalmente a adubação mineral NPK é usada na seguinte proporção, 4:20:20. Tais recomendações são feitas por um engenheiro agrônomo da Casa da Agricultura junto a Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI).

Segundo informações do proprietário, durante o plantio e colheita, são necessárias as contratações de 4 a 5 homens para obter os produtos que são comercializados na

região. Nas entressafas, vende algumas cabeças de gado para garantir o sustento da família. Com relação a créditos para a pecuária, o referido produtor usufruiu um empréstimo obtido junto ao Banco do Brasil, com limite de R\$5.000,00 pelo Programa Nacional de Fortalecimento Familiar (PRONAF).

5.1.2 Descrição geral do município de Anhumas

O município de Anhumas, com uma área de 321,7 km² (FIBGE, 1996), faz parte da 10^a Região Administrativa de Presidente Prudente - Oeste do Estado de São Paulo. Localiza-se entre os paralelos: 22°11'52" a 22°30'57" Sul e entre os meridianos: 51°20'45" a 51°31'12" Oeste Grw. Limita-se com os municípios de Presidente Prudente, ao Norte; Regente Feijó e Taciba à Leste; Pirapozinho e Narandiba à Oeste (Figura 2).

O material de origem dos solos do referido município é produto de alteração de arenito do Grupo Bauru, predominantemente da Formação Adamantina do Cretáceo Inferior. A Formação Adamantina apresenta-se como a mais importante por ser a de maior expressão e representatividade. É constituída de depósitos fluviais com predominância de arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilosos, ocorrendo em bancos maciços. Como estruturas sedimentares, apresenta estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno e grande porte (IPT, 1981b).

De acordo com o mapa pedológico do Estado de São Paulo na escala de 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999) as unidades de mapeamento, constituindo associações de solos do município de Anhumas são as seguintes:

PVA 2 - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos abruptos ou não A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado.

PVA 10 - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos + ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos e Eutróficos ambos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos textura média relevo plano todos A moderado.

LV 78 - LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos A moderado textura média relevo plano + **ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS** e **VERMELHOS** ambos Eutróficos e Distróficos A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado.

Segundo a EMBRAPA (1999) os **ARGISSOLOS** compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de horizonte A ou E.

Os **ARGISSOLOS** são, na sua maioria, solos muito profundos (> 200 cm de profundidade). Não apresentam qualquer impedimento físico à penetração do sistema radicular pelo menos até 200 cm de profundidade a menos que apresente o fenômeno da compactação, resultante do uso inadequado do mesmo. Além disso, por apresentarem, no geral, textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração argila, são facilmente preparados para o plantio (OLIVEIRA, 1999).

De modo geral, os **ARGISSOLOS** são susceptíveis à erosão por apresentarem gradiente textural entre o horizonte A ou E e o B. Esses solos apresentam-se com baixa ou muito baixa resistência à erosão (LOMBARDI NETO et al., 1991, citados por OLIVEIRA et. al., 1999). Todavia, quando além do gradiente textural a transição entre os horizontes A ou E e B é abrupta e ocorrem em relevo ondulado e forte ondulado são muito mais susceptíveis á erosão (OLIVEIRA et. al., 1999).

Os **LATOSSOLOS** são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresentar mais de 150 cm de espessura (EMBRAPA, 1999).

A classe dos **LATOSSOLOS** ocupa cerca de 52 % da área do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960 citado por OLIVEIRA 1999). São, em geral, solos com boas propriedades físicas. Situados, na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso de máquinas agrícolas. São solos de excepcional porosidade total sendo comuns valores de 50-60 % e, conseqüentemente, de boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa. Sua elevada friabilidade permite que sejam facilmente preparados para o cultivo.

O referido município pertence à Bacia Sedimentar do Paraná que é formada predominantemente por materiais de origem sedimentar, ocorrendo também lavas basálticas e sills de diabásio (IPT, 1981b).

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a) o Oeste Paulista encontra-se localizado no Planalto Ocidental Paulista, que abrange uma área de aproximadamente 50 % do Estado de São Paulo, indo desde a província das Cuestas Arenítico - Basálticas até o limite Oeste dos rios Grande, Paraná e Paranapanema.

Segundo Boin (2000) na maior parte do Oeste paulista as altitudes variam entre 300 e 500 metros e, somente nos vales dos rios Paraná e Paranapanema, assim como na foz de seus vários afluentes encontram-se altitudes inferiores a 300 metros. O relevo desta porção do Estado mostra forte imposição estrutural, sob o controle das camadas sub-horizontais, com leve caimento para Oeste, formando uma extensa plataforma estrutural suavizada, com cotas entre 250 e 600 metros.

De acordo com a classificação do IPT (1981a) o município de Anhumas apresenta as seguintes configurações geomorfológicas: - colinas médias com predomínio de interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos; - drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Quanto ao clima do Oeste do Estado de São Paulo e conseqüentemente do município de Anhumas, segundo a classificação climática de Köeppen é do tipo Aw; clima Tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio é superior a 18 °C.

A adoção desta classificação comumente segue em combinação com a proposta por Monteiro (1973) baseada em critérios de distinção de zona climática. Assim, o clima passa a sofrer a influência de massas de ar Tropicais e Polares, com dominância da massa de ar Tropical Marítima. Desta forma, o clima regional, classificado em princípio como Aw, tropical, quente e úmido, é perturbado pela circulação atmosférica regional. A referida região está localizada em uma faixa de transição climática, entre as zonas tropical e a extratropical, o que lhe confere um caráter de transição, caracterizado pela variabilidade

pluviométrica, com flutuações dos totais de chuvas (SANT'ANNA NETO e BARRIOS, 1992).

De acordo com Boin (2000) as características pluviométricas têm importância fundamental quando são consideradas juntamente com outros elementos de análise como o solo e o relevo de uma dada região, bem como os tipos de uso do solo, e principalmente no que diz respeito às precipitações excepcionais, face à capacidade de saturação hídrica do solo na época de preparo para o plantio.

Segundo Ometto (1981) o balanço hídrico é a contabilidade de entrada e saída de água no solo, e sua interpretação leva a informações de ganho, perda e armazenamento de água no solo, que são fundamentais para o planejamento do calendário agrícola.

Durante o período analisado (1984-2003) representado na Tabela 1 e Figura 3, constatou-se que no município de Anhumas a precipitação e a temperatura média anual são respectivamente, 109,7 mm e 23,5 °C. Ocorreu excedente hídrico total de 186,5 mm de janeiro a março e deficiência hídrica de 52,1 mm nos meses de abril, junho, julho, agosto, setembro e outubro. Nos meses de outubro a março, concentrou-se 71,6 % das precipitações.

Tabela 1 – Balanço hídrico referente a Presidente Prudente-SP, período de 1984 a 2003; Latitude 22°07'S; Longitude 51°23'W; Altitude 435,5 m

Meses	T °C	ETP	P	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
mm										
JAN	25,9	113,92	215,1	101,2	0,0	125,00	5,5	113,9	0,0	95,7
FEV	25,6	105,96	180,3	74,3	0,0	125,00	0,0	106,0	0,0	74,3
MAR	25,4	120,15	136,7	16,5	0,0	125,00	0,0	120,2	0,0	16,5
ABR	24,2	107,04	91,6	-15,4	-15,4	110,48	-14,5	106,1	0,9	0,0
MAI	20,9	76,20	85,0	8,8	-5,9	119,28	8,8	76,2	0,0	0,0
JUN	20,0	67,22	48,5	-18,7	-24,6	102,69	-16,6	65,1	2,1	0,0
JUL	19,9	68,89	30,5	-38,4	-63,0	75,53	-27,2	57,7	11,2	0,0
AGO	21,8	87,44	42,3	-45,1	-108,1	52,64	-22,9	65,2	22,2	0,0
SET	22,7	90,84	75,6	-15,2	-123,3	46,60	-6,0	81,6	9,2	0,0
OUT	24,8	114,76	104,8	-10,0	-133,3	43,03	-3,6	108,4	6,4	0,0
NOV	25,4	112,62	121,8	9,2	-109,1	52,21	9,2	112,6	0,0	0,0
DEZ	25,8	117,14	184,4	67,3	-5,7	119,47	67,3	117,1	0,0	0,0
TOTAIS	282,4	1182,18	1316,6	134,5	-	1096,93	0,0	1130,1	52,0	186,5
MÉDIAS	23,5	98,52	109,7	11,2	-	91,41	-	94,2	4,3	15,5

Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955)

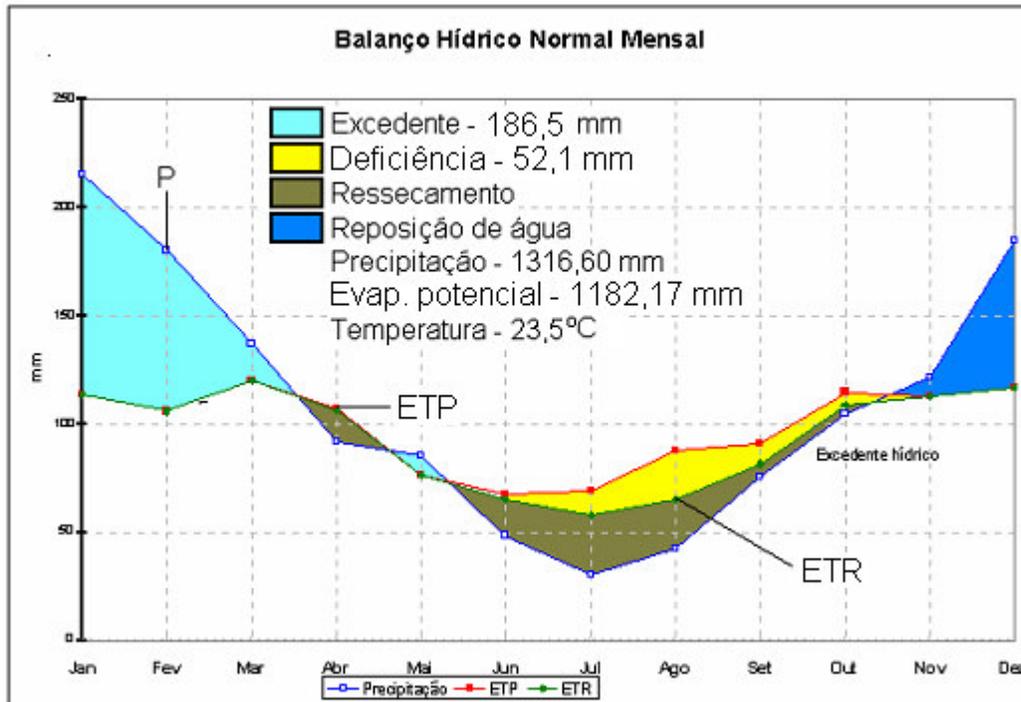


Figura 3 – Balanço hídrico referente a Presidente Prudente-SP, período de 1984 a 2003, Posto FCT/UNESP.

No Oeste do Estado de São Paulo, antigas áreas ocupadas por densas florestas tropicais sofreram um processo de devastação em consequência do uso agrícola e pastoril, principalmente a partir da segunda década deste século (SARQUIS, 1996). Hoje, remanescentes da vegetação natural ocorrem em pequenos maciços isolados. Para Camargo et al. (1986); Lemos e Santos (2002) no que se refere ao município de Anhumas, os remanescentes da vegetação primária, nas partes altas, são de Floresta Tropical Subperenifólia.

No que se refere à hidrografia, na Região Oeste do Estado de São Paulo encontra ao Norte o Rio Grande, ao Sul o Rio Paranapanema, a Oeste o Rio Paraná. A referida região está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, uma das maiores Bacias Hidrográficas do Brasil, possuindo 889,941 km² de extensão (DAKER, 1983 citado por LEME, 1999).

O patrimônio de Anhumas foi inaugurado em 1922 quando as terras pertenciam à Companhia Marcondes de Colonização - Indústria e Comércio, empresa pertencente ao Coronel José Soares Marcondes, que chegou nesta região no final de 1919,

iniciando a venda de várias glebas. Foi distrito de Presidente Prudente até 1954, quando se emancipou (ABREU, 1972).

Parte integrante da região da Alta Sorocabana, o referido município teve a sua história agrícola desenvolvida com características similares aos demais municípios do Oeste do Estado de São Paulo.

A agricultura, sustentada inicialmente pelo café, atingiu o seu apogeu de 1930 a 1940 (SARQUIS, 1996). O declínio do produto está basicamente relacionado com a má conservação dos solos, as geadas que dizimaram as plantações, a grande crise internacional historicamente conhecida como “crack” da bolsa de Nova York e pela concorrência com a produção de outros países.

Com a crise do café foi implantada na região da Alta Sorocabana a cultura do algodão, favorecida pela expansão da indústria têxtil e pelo interesse por parte do mercado internacional. Além disso, por ser uma cultura anual, o ciclo de produção é mais rápido, característica satisfatória para os produtores.

Para Leite (1972), entre os fatores que ocasionaram a queda da produtividade, o empobrecimento do solo foi o principal fator, juntamente com as pragas que atacaram os algodoais, levando a gastos elevados com inseticidas e a conseqüente inviabilidade da produção.

Com a queda da produção do algodão na década de 50, os agricultores passaram a se dedicar ao cultivo do amendoim, aumentando as áreas de produção. Até então cultura subsidiária, o amendoim passou a ser o principal produto na maioria dos municípios. Sendo o amendoim menos exigente que o algodão, adaptou-se aos solos da região que suportavam, após pequena adubação, duas semeaduras anuais. Seu plantio foi, segundo Sarquis (1996) incentivado pelas indústrias de extração de óleo de algodão cujas prensas de moagem se mantinham ociosas nas entressafras. A cultura do amendoim, por sua vez, agravou o quadro de erosão devido ao revolvimento da camada superficial do solo por ocasião da semeadura até a colheita.

A pecuária, juntamente com a cultura do algodão, foi se tornando uma atividade importante na economia da região. Esta atividade surgiu como alternativa para as terras cansadas dos cafeeiros que, por sua vez, tornaram-se imprestáveis para o algodão.

Com o passar dos anos, a agricultura passou a não dar mais retorno financeiro esperado, uma vez que o produtor gastava mais com a plantação do que recebia com a colheita. Os agricultores optaram então, por vender suas propriedades para os fazendeiros da região e buscar outras alternativas de vida (SARQUIS, 1996).

Nesse processo, a diminuição das pequenas áreas produtivas vieram até 1985, acompanhadas da diminuição das áreas de lavoura (temporárias e permanentes), da redução da produção de alguns produtos agrícolas e do crescimento acelerado das áreas de pastagens e do rebanho bovino (FIBGE, 1960-1995/6). Como resultado final, a inevitável redução no emprego de mão-de-obra e o conseqüente êxodo rural, num quadro de transformações econômicas e sociais.

5.1.3 Cartas topográficas e mapas pedológico e geológico

Para verificação da rede de drenagem, relevo, localização de acidentes geográficos, de propriedades rurais, de estradas e para a localização dos perfis de solo, foram utilizadas folhas de carta do Brasil, referentes à área de estudo, provenientes de restituição aerofotogramétrica na escala de 1:50.000, com curvas de nível com intervalo vertical de 20 metros (FIBGE, 1974).

O município de Anhumas está representado nas folhas assim identificadas:

Pirapozinho (SF – 22 – Y – B – III – 3)

Presidente Prudente (SF – 22 – Y – B – III – 1)

Tarabai (SF – 22 – Y – B – II – 4)

Esperança do Norte (SF – 22 – Y – B – VI – 1)

Serviram de base para interpretações geológicas o mapa geológico do Estado de São Paulo na escala de 1:500.000 (IPT, 1981b) e para orientação na identificação dos solos, o mapa pedológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999).

5.1.4 Material de campo

Para a descrição morfológica e coleta de amostras dos horizontes dos perfis de solo foram utilizados: martelo de pedólogo, trado tipo holandês, enxada, carta de cores de solo de “Munsell”, trena, sacos plásticos, etiquetas, lupa, clinômetro e GPS de Campo-Garmin 12 XL.

5.2 Métodos

O método utilizado no presente trabalho é o da comparação da influência do uso e manejo do solo com a manutenção da vegetação natural e da correlação da estabilidade de agregados obtida por vias seca e úmida, avaliando-se os resultados em relação à degradação das características edáficas originais.

5.2.1 Seleção da área de estudo

Para este estudo foi selecionada como área piloto um estabelecimento agrícola com predomínio da classe de solo representativa do município de Anhumas; ARGISSOLOS (OLIVEIRA et al., 1999) e do uso e manejo dos solos da maioria dos estabelecimentos rurais. Foram feitas prospecções em toda a área, o que permitiu verificar a ocorrência de ARGISSOLOS em toda parte alta e nas baixadas NEOSSOLOS FLÚVICOS e GLEISSOLOS HÁPLICOS (CARVALHO e ACHÁ, 2005). Na área piloto, os ARGISSOLOS estão há mais de vinte e cinco anos sob diferentes usos: culturas anuais, pastagem e sob condições naturais de floresta.

As informações sobre uso e manejo do solo; produtividade das culturas; mão-de-obra; comercialização da produção; assistência técnica, crédito bancário para a agricultura e pecuária, dentre outras, foram obtidas através de entrevistas com o proprietário, produtor das terras.

5.2.2 Descrição morfológica dos perfis de solo

Para as áreas utilizadas com culturas anuais, pastagem e com floresta, em locais julgados convenientes, foram abertas trincheiras com 200 cm de profundidade para a descrição morfológica e coleta de amostras de todos os horizontes dos perfis de solo identificados até a referida profundidade, de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS e SANTOS, 2002).

Foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo e da estabilidade dos agregados. As amostras deformadas foram destinadas para as demais análises físicas e químicas.

5.2.3 Análises físicas e químicas dos perfis de solo

As determinações analíticas foram feitas com TFSA (terra fina seca ao ar) proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra, sendo os resultados expressos em terra fina seca a 105 °C.

As análises relacionadas abaixo foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997).

- Composição granulométrica da terra fina: (método do densímetro) dispersão em água com NaOH agitação de alta rotação; sedimentação; argila determinada por densimetria no sobrenadante; areia separada por tamisação em cinco classes (Classificação Internacional) e silte calculado por diferença.

- Argila dispersa em água: como o anterior suprimindo o agente dispersante.

- Grau de flocculação (%): cálculo baseado na porcentagem de argila dispersa em água $GF = 100[(\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}]$.

- Densidade de partículas: método do álcool etílico, utilizando balão volumétrico de 10 ml e 4 g de TFSE e expressa em $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

- Densidade do solo: método da parafina utilizando-se torrões, expressa em $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

- Porosidade total utilizando a expressão: porosidade total = $100[(\text{densidade de partículas} - \text{densidade do solo})/\text{densidade de partículas}]$, expressa em porcentagem de volume.

- pH em H₂O e em KCl 1 N: medição, por eletrodo de vidro em suspensão solo – H₂O ou solo – KCl 1N, na proporção sólido-líquido 1:2,5.

- Bases extraíveis: Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1N e titulação com EDTA: K⁺ extraído com HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N e determinado por fotometria de chama.

- Soma de bases: cálculo de adição dos resultados da determinação anterior: $S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$.

- Acidez extraível: Al³⁺ extraído com KCl 1N e acidez titulada com NaOH 0,025 N e azul-bromotimol como indicador; H⁺ e Al³⁺ extraídos com Ca (OAc) 2 1 N, pH 7,0 e acidez titulada com NaOH 0,0606 N e fenolftaleína com indicador; H⁺ calculado por diferença.

- Capacidade de troca de cátions: cálculo do somatório dos resultados de bases e acidez extraíveis, das determinações anteriores: $T = S + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$.

- Porcentagem de saturação por bases: cálculo da proporção de bases extraíveis abrangidas na capacidade de troca de cátions: $V = 100(S/T)$.

- Porcentagem de saturação por alumínio: cálculo da proporção de alumínio extraível abrangido no somatório, de resultados de bases e alumínio extraíveis, segundo determinações supracitadas $m = 100[(\text{Al}^{3+})/(\text{S} + \text{Al}^{3+})]$.

- Retenção de cátions: cálculo da proporção de alumínio extraível mais bases trocáveis em relação à argila: $\text{RC} = 100[(\text{S} + \text{Al}^{3+})/\text{kg argila}]$ e expresso em cmol_c/kg de argila.

- Fósforo extraível: extraído com HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N e determinado por colorimetria.

- Carbono orgânico: oxidação via úmida com K₂Cr₂O₇ 0,4N e titulação com FeSO₄ 0,1N.

- Nitrogênio total: calculado pelo teor de matéria orgânica $\text{N\%} = \text{MO\%/20}$ (KIEHL, 1979) e expresso em g.dm⁻³.

5.2.4 Determinação de porcentagem de agregados por via seca

A determinação da porcentagem de agregados por via seca foi feita de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

A análise de agregados por via seca, compreende as seguintes etapas:

- Pesar 100 g da amostra preparada (seca ao ar e passada em peneira de 4 mm de malha e retida na de 2 mm);

- Colocar na parte superior de um jogo de peneiras de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 mm de malha e de 20 cm de diâmetro;

- Ligar o agitador e deixar por 15 minutos (agitador tipo ROTAP de velocidade controlada e movimentos rotatórios com vibração);

- Retirar o conjunto e transferir os agregados retidos em cada peneira para latas de alumínio numeradas e de peso conhecido;

- Colocar na estufa e determinar o peso a 105 °C;

- Em outra amostra de 100 g, determinar o seu peso seco a 105 °C para utilização no cálculo da porcentagem de agregados;

- Calcular a porcentagem dos agregados retidos em cada peneira para as classes e na seguinte seqüência: 4,0 - 2,0; 2,0 - 1,0; 1,0 - 0,5; 0,5 - 0,25 mm e menor que 0,25 mm.

- Calcular a porcentagem com a seguinte expressão: % de agregados = 100 (peso dos agregados secos a 105 °C/peso da amostra seca a 105 °C).

Para o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) foi utilizada a seguinte equação: $DMP = \sum (C_{mm} \times P)$, segundo Youker e Mcguines (1956) citados por Kiehl (1979) onde C_{mm} é o centro das classes de tamanho dos agregados e P é a proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

Esta análise foi feita para todos os horizontes dos perfis de solo com cinco repetições.

5.2.5 Determinação de porcentagem de agregados por via úmida

A determinação da porcentagem de agregados por via úmida foi feita de acordo com o método original de Tiulin (1928) modificado por Yooder (1936) e descrito por Kiehl (1979) com algumas modificações.

Essa determinação foi feita no Aparelho de Yooder da marca Daiki Rika, cujas principais características são as seguintes: oscilação vertical e frequência de oscilação regulável; o eixo excêntrico é ligado a uma haste vertical capaz de sustentar 4 jogos de peneiras que mergulham cada uma em um recipiente cilíndrico contendo água. As peneiras têm 15 cm de diâmetro com tamises de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; e 0,105 mm de malha.

Procedimento:

- Destorroar com as mãos cuidadosamente, a amostra seca ao ar, quebrando os agregados maiores;
- Passar a amostra em peneira de 20 cm de diâmetro com abertura de malha de 8 mm e reter na de 4 mm;
- O material retido na peneira de 4 mm foi utilizado para a determinação dos agregados;
- Determinar em uma sub-amostra a umidade dos grânulos, para se poder tomar um peso correspondente a 25 g de grânulos em função de material seco em estufa a 105 °C por 24 h;
- Pesar 4 vezes os grânulos secos ao ar que correspondam a 25 g seco em estufa e colocar em vidro de relógio;
- Com atomizador, umedecer os grânulos cuidadosamente para não se partirem pelo umedecimento violento;
- Passar as amostras para o Aparelho de Yooder, na parte superior de um conjunto de peneiras de 15 cm de diâmetro, uma em cada jogo de tamises com malhas: 2; 1; 0,5; 0,25; e 0,105 mm;
- Ajustar o nível da água no recipiente, de modo que os agregados contidos na peneira superior sejam umedecidos por capilaridade;
- Ligar o aparelho de oscilação vertical graduado para uma amplitude de 3,5 cm de altura e uma frequência de 32 oscilações por minuto (o jogo de peneiras é

ajustável na haste a uma altura tal que, quando ocorrer a oscilação vertical de 3,5 cm, a amostra de solo depositada inicialmente no tamis superior mergulhe totalmente e depois suba até aflorar acima do nível da água);

- Após 15 minutos desligar o aparelho e retirar os suportes contendo os jogos de peneiras;

- Passar o material contido em cada peneira para cápsulas de porcelana numeradas e de peso conhecido, com água;

- Eliminar o excesso de água e colocar na estufa a 105 °C por 24 horas. Retirar da estufa, esfriar em dessecador e pesar cada fração;

- Calcular o teor de agregados retidos em cada peneira, expresso na seguinte ordem em mm: 2-8; 1-2; 0,50-1,00; 0,25-0,50 e 0,105-0,25. O material fino, < 0,105 mm (MF), que atravessou a peneira, assentando-se no fundo do recipiente é calculado por diferença de peso entre a amostra inicial de 25 g e a soma das porções retidas nas peneiras (PRP). Portanto, $MF = 25g - \Sigma PRP$.

Para o cálculo do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) foi utilizada a seguinte equação: $DMP = \Sigma (C_{mm} \times P)$, segundo Youker e Macguines (1956) citados por Kiehl (1979) onde C_{mm} é o centro das classes de tamanho dos agregados e P é a proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

A análise foi feita para todos os horizontes dos perfis de solo com cinco repetições.

5.2.6 Análise estatística

Aos resultados da análise de agregados foi aplicada análise estatística que constou de: análise de variância (considerando o delineamento experimental casualizado) e teste de médias de Tukey a 5 % de probabilidade.

Para o diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca e úmida, separadamente, foram realizadas as seguintes análises:

- Para o uso com floresta, considerou-se 5 tratamentos; horizontes A, AE, Bt1, Bt2 e BC com 5 repetições para cada horizonte, totalizando 25 dados.

- Para o uso com pastagem, considerou-se 4 tratamentos; horizontes Ap, Bt1, Bt2, e BC com 5 repetições para cada horizonte, totalizando 20 dados.

- Para o uso com cultura anual, considerou-se 4 tratamentos, horizontes Ap, Bt1, Bt2 e BC, com 5 repetições, totalizando 20 dados.

- Para cada horizonte, A, Bt1, Bt2 e BC, considerou-se 3 tratamentos, usos com floresta, pastagem e cultura anual e com 5 repetições, totalizando para cada horizonte 15 dados.

Para a análise conjunta do diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca e úmida foram realizadas as seguintes análises:

- Para cada horizonte, A, AE, Bt1, Bt2 e BC, floresta; Ap, Bt1, Bt2 e BC, pastagem; e Ap, Bt1, Bt2 e BC, cultura anual, considerou-se 2 tratamentos, diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca e úmida, com 5 repetições, totalizando para cada horizonte 10 dados.

- Para cada horizonte dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual as médias do DMPA obtidos por via seca e úmida foram comparadas também pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- A análise estatística permitiu verificar o efeito do uso e manejo na estabilidade dos agregados em comparação com as condições naturais (mata) e dos métodos utilizados.

Para a análise estatística foram utilizados programas do “Statistical Analysis System” (SAS, 1996) versão 6,12 (Pólo Computacional do Lajeado – CINAG – Centro de Informática na Agricultura, FCA/UNESP – Botucatu/SP).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise morfológica dos perfis de solo

A localização dos perfis de solo estudados sob floresta, pastagem e cultura anual pode ser observada na Figura 1. A análise morfológica e as características físicas e químicas permitiram classificar os solos pelo sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

6.1.1 Descrição geral dos perfis de solo

A descrição geral dos perfis de solo estudados está contida na Tabela 2 onde se pode verificar que os solos são provenientes de produtos de alteração do arenito do Grupo Bauru – Formação Adamantina do Cretáceo Superior e não apresentam pedregosidade e nem rochosoidade.

Tabela 2 - Descrição geral dos perfis de solo estudados no município de Anhumas - SP

Observação	PVAd**	PVe***	PVd****
Latitude	22° 19' 32" S	22° 18' 52" S	22° 18' 57" S
Longitude	51° 26' 45" W	51° 26' 43" W	51° 26' 50" W
Situação	Terço Médio	Terço Superior	Topo
Declive	5 %	7 %	0 a 3 %
Cob. veg. sobre perfil	Floresta natural	Gramíneas	Batata-doce
Altitude (m)	430	430	440
Litologia	Arenito	Arenito	Arenito
Formação geológica	Adamantina	Adamantina	Adamantina
Cronologia	Cretáceo Superior	Cretáceo Superior	Cretáceo Superior
Material de origem	Alteração do arenito	Alteração do arenito	Alteração do arenito
Relevo local	Suave ondulado	Suave ondulado	Plano
Relevo regional	Suave ondulado	Suave ondulado	Suave ondulado
Erosão	Não aparente	Não aparente	Laminar ligeira
Drenagem	Bem drenado	Bem drenado	Bem drenado
Vegetação primária	Fl. Tr. Subperenifólia	Fl. Tr. Subperenifólia	Fl. Tr. Subperenifólia
Uso atual	Floresta	Pastagem	Cultura Anual*
Clima	Aw	Aw	Aw

*Rotação de culturas: feijão, batata-doce e milho

**PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico A chernozêmico textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

***PVe – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

****PVd – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

O relevo regional característico dos solos é suave ondulado, com topografia pouco movimentada com elevações de altitudes relativas da ordem de 45 a 85 m, apresentando declives de 3 a 8 %. Os perfis de solo foram descritos em locais de relevo plano e suave ondulado, com declives variando de 0 a 7 %.

As características morfológicas dos perfis permitem caracterizar a drenagem interna dos ARGISSOLOS como acentuadamente drenado no horizonte A e bem drenado no horizonte Bt.

Remanescentes da vegetação natural permitiram reconhecer na área de ocorrência dos solos, a floresta tropical subperenifólia (LEMOS e SANTOS, 2002). Esse tipo de vegetação correlacionado com os regimes de temperatura e umidade do solo (EUA, 1975), segundo Camargo et al. (1986) provavelmente indicam regime de temperatura hipertérmico (temperatura média anual do solo, a 50 cm de profundidade, igual ou superior a 22 °C, e com diferença entre a média de temperatura do solo no verão e no inverno superior a 5 °C) e regime

de umidade údico (o solo fica menos de 90 dias cumulativos, por ano, sem água disponível às plantas até 50 cm de profundidade).

O uso atual dos solos é com floresta, pastagem e cultura anual em sistema de rotação (feijão, batata-doce e milho) nos solos; PVAd, PVe e PVd, respectivamente.

O clima, segundo a classificação climática de Köppen é Aw, tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio é superior a 18 °C. De acordo com o balanço hídrico (Tabela 1 e Figura 3), o ressecamento e a deficiência hídrica ocorreram nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, período em que se recomenda um sistema de irrigação a fim de aumentar a produtividade das culturas anuais.

6.1.2 Descrição morfológica

A descrição morfológica dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual pode ser verificada na Tabela 3. Os perfis descritos em trincheiras de 200 cm de profundidade apresentam as seqüências de horizontes: A, AE, Bt1, Bt2 e BC, sob floresta, e Ap, Bt1, Bt2 e BC, sob pastagem e cultura anual.

O solo sob floresta apresenta horizonte A chernozêmico, no qual não foi observado pedoturbação, com 25 cm de espessura, cor úmida e seca bruno escuro (7,5YR 3/2; 4/2). Os solos sob pastagem e cultura anual apresentam horizonte A moderado com espessura de 25 e 40 cm e cor úmida bruno avermelhado escuro (5YR 3/3 e 5YR 3/4), respectivamente. As cores mais escurecidas nesses horizontes estão relacionadas aos maiores teores de matéria orgânica, uma vez que são horizontes superficiais. A textura é areia franca e a estrutura é composta granular e grãos simples com grau de desenvolvimento moderado no solo sob floresta, fraco e moderado no solo sob pastagem e fraco no solo sob cultura anual. A consistência é macia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa no solo sob floresta e macia, muito friável, não plástica e não pegajosa nos solos sob pastagem e cultura anual.

A transição do horizonte A para o B é abrupta e plana em todos os usos, isto é, a faixa de separação entre esses horizontes é menor que 2,5cm e a topografia é plana.

Tabela 3 - Descrição morfológica dos perfis de solo estudados no município de Anhumas - SP

PVAd –FLORESTA		
A	0-25 cm;	bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido; 4/2, seco); areia franca; composta moderada pequena e média granular e grãos simples; macia muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
AE	25-80 cm;	bruno (7,5YR 5/4, úmido); cinza claro (7,5YR 6/2, seco); areia franca; composta fraca pequena granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	80-125 cm;	vermelho amarelado (5YR 4/8, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	125-158 cm;	vermelho amarelado (5YR 4/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e moderada; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
BC	158-200 cm ⁺ ;	vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa.
PVe – PASTAGEM		
Ap	0-25 cm;	bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); areia franca; composta fraca e moderada pequena e média granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	25-65 cm;	bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; superfícies foscas (coatings); dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	65-120 cm;	vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; superfícies foscas (coatings); dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
BC	120-200 cm ⁺ ;	vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena e media blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.
PVd –CULTURA ANUAL		
Ap	0-40 cm;	bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); areia franca; maciça que se desfaz em fraca pequena granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	40-70 cm;	vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	70-140 cm;	vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
BC	140-200 cm ⁺ ;	vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco argilo arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

O horizonte AE, do solo sob floresta, por ser transicional, apresenta mais característica de A do que de E. Esse horizonte tem 55 cm de espessura, cor úmida bruno (7,5YR 5/4) e seca, cinza claro (7,5YR 6/2); textura areia franca; estrutura composta, granular pequena e fraca e grãos simples e consistência macia, muito friável, não plástica e não pegajosa.

O horizonte B dos solos apresenta-se subdividido em Bt1, Bt2, com acumulação de argila, e BC, horizonte de transição entre B e C, com características mais semelhantes ao B do que ao C.

A cor do horizonte Bt (Bt1 e Bt2) do solo sob floresta é vermelho amarelado, com matiz 5YR, valor 4 e croma 8. A cor do horizonte Bt1 do solo sob pastagem é bruno avermelhado escuro, com matiz 2,5YR, valor 3 e croma 4 e a do Bt2 é vermelho escuro, com matiz 2,5YR, valor 3 e croma 6. A do horizonte Bt (Bt1 e Bt2) do solo sob cultura anual é vermelho escuro, com matiz 2,5YR, valor 3 e croma 6. A cor do horizonte BC, horizonte transicional com mais características de B do que de C, é vermelho amarelado, com matiz 5YR, valor 5 e croma 8 no solo sob floresta e vermelho, com matiz 2,5YR, valor 4 e croma 6 nos solos sob pastagem e cultura anual.

A textura do horizonte Bt é predominantemente franco argilo arenosa. Os horizontes Bt1 e Bt2 apresentam estrutura em blocos subangulares pequenos e médios, de grau fraco e moderado e cerosidade, isto é, películas muito finas de material inorgânico, visíveis nas faces dos elementos estruturais, com grau de desenvolvimento variando de fraco a moderado e quantidade pouca. A cerosidade é indicativa de ocorrência de processo de iluviação que é a deposição de material de solo removido de um horizonte superior para um inferior no perfil de solo. A estrutura do horizonte BC dos solos é maciça porosa que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos subangulares e granular.

A consistência do horizonte Bt1 e Bt2 com o solo seco, úmido e molhado é: dura e muito dura; friável; plástica e ligeiramente plástica e pegajosa e ligeiramente pegajosa, respectivamente. A consistência do horizonte BC dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual é ligeiramente dura (seco) e muito friável (úmido). A consistência com o solo molhado é plástica e pegajosa para o solo sob floresta e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa para os solos sob pastagem e cultura anual. A plasticidade desses solos é indicativa da qualidade da fração argila que é predominantemente caulínica,

mas com proporções diferentes de argilas silicatadas e sesquioxídicas (óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio), que não têm tanta viscosidade, plasticidade e coesão quanto as argilas silicatadas (BUCKMAN e BRADY, 1979).

A transição entre os horizontes Bt1, Bt2 e BC para o solo sob floresta e cultura anual é gradual (a faixa transicional varia entre 7,5 e 12,5 cm) e apenas a transição entre os horizontes Bt2 e BC do solo sob pastagem é clara (a faixa transicional varia entre 2,5 e 7,5 cm). A topografia das transições entre esses horizontes é plana, isto é, a faixa de separação é praticamente horizontal, paralela à superfície do solo.

6.2 Análise física de rotina dos perfis de solo

Na Tabela 4 estão apresentadas as principais características físicas dos ARGISSOLOS sob floresta, pastagem e cultura anual. Os teores de areia total e argila variaram de 650 a 880 g.kg⁻¹ e 90 a 260 g.kg⁻¹, respectivamente, sendo que a areia total diminui e a argila aumenta em profundidade do horizonte A até o horizonte Bt2 e no horizonte BC ocorre um pequeno aumento da areia e diminuição da argila, provavelmente, por ser um horizonte de transição entre B e C e, portanto, com características mais semelhantes com as do horizonte B do que de C, que é menos afetado pelos processos pedogenéticos.

A areia fina (0,25 a 0,10 mm) e areia muito fina (0,10 a 0,5 mm), são predominantes na fração areia total (2 a 0,05 mm), com teores variando de 340 a 540 g.kg⁻¹ e 150 a 330 g.kg⁻¹, respectivamente, provavelmente devido ao material de origem, produto de alteração de arenitos do Grupo Bauru, Formação Adamantina, constituída de arenitos finos e muito finos (IPT, 1981).

Os teores de areia total, silte e argila permitiram caracterizar a textura do horizonte A dos solos como arenosa e a do horizonte Bt média, segundo Lemos e Santos (2002); EMBRAPA (1999).

O solo sob floresta por apresentar textura arenosa (areia franca) desde a superfície até 80 cm de profundidade, ou seja, até o início do horizonte B textural é considerado arênico (EMBRAPA,1999).

Tabela 4 – Características físicas dos solos estudados

Horizonte	Prof.	Areia*					Silte	Argila		Grau		Densidade		VTP**	
		MG	G	M	F	MF		Total	Natural	Floc.	Disp.	Solo	Partículas		
Símb.	(cm)	(g.kg ⁻¹)							(%)		(kg.dm ⁻³)		(%)		
PVAd – FLORESTA															
A	0-25	0	traços	50	440	330	820	50	130	60	54	46	1,28	2,67	52
AE	25-80	traços	traços	40	480	330	850	40	110	60	45	55	1,32	2,76	52
Bt1	80-125	traços	traços	30	350	310	690	50	260	140	46	54	1,50	2,63	43
Bt2	125-158	0	traços	30	340	280	650	50	300	180	40	60	1,56	2,67	42
BC	158-200+	traços	traços	30	350	320	700	40	260	160	38	62	1,65	2,67	38
PVe – PASTAGEM															
Ap	0-25	traços	traços	120	500	260	880	30	90	60	33	67	1,57	2,67	41
Bt1	25-65	traços	traços	90	460	250	800	20	180	80	56	44	1,58	2,58	39
Bt2	65-120	traços	traços	50	450	270	770	10	220	120	45	55	1,57	2,67	41
BC	120-200+	0	traços	80	510	190	780	20	200	120	40	60	1,51	2,67	43
PVd – CULTURA ANUAL															
Ap	0-40	traços	traços	120	540	220	880	30	90	60	33	67	1,56	2,76	43
Bt1	40-70	0	0	50	430	260	740	30	230	140	39	61	1,65	2,67	38
Bt2	70-140	0	traços	70	470	150	690	50	260	120	54	39	1,58	2,76	43
BC	140-200+	0	traços	80	420	230	730	60	210	60	71	29	1,65	2,67	38

* MG- Muito Grossa; G- Grossa; M- Média; F- Fina; MF- Muito Fina. ** VTP- Volume total de poros.

O gradiente textural, média aritmética do teor de argila total do horizonte Bt (excluído o BC) pelos teores médios do horizonte A, variou de 2,33 (solo sob floresta), 2,22 (solo sob pastagem) e 2,72 (solo sob cultura anual). Na Tabela 4 pode-se verificar também, que o teor de argila do horizonte Bt1 é o dobro do teor do horizonte A, e que esse aumento ocorre em uma distância vertical menor que 2,5 cm (Tabela 3), caracterizando uma mudança textural abrupta (EMBRAPA, 1999).

O gradiente textural, a mudança textural abrupta e a presença de cerosidade, resultante de iluviação de material coloidal inorgânico, no horizonte B (Tabela 3), além do teor de argila e da espessura do horizonte B, permitiram caracterizar o horizonte B dos solos como B textural (Bt) e classificá-los como ARGISSOLOS (EMBRAPA, 1999).

Os ARGISSOLOS são susceptíveis à erosão devido ao gradiente textural e à mudança textural abrupta, uma vez que o horizonte subsuperficial de menor permeabilidade, favorece o escoamento superficial das águas pluviais e, conseqüentemente a erosão (CARVALHO et al., 2005). Todavia, o relevo suave ondulado, com declives de 3 a 8 % (Tabela 2) e a cobertura vegetal de gramíneas, que predominam nesses solos em áreas de maior declividade, provavelmente devam contribuir para minimizar a erosão.

A relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, obtida após a dispersão, indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, e assim permite inferir sobre o grau de estabilidade dos agregados, EMBRAPA (1997). O grau de floculação para os solos estudados variou de 33 % a 71 % e o grau de dispersão de 29 % a 67 %.

Na Tabela 4 e Figura 4, pode-se verificar que a densidade do solo sob floresta aumentou de $1,28 \text{ kg.dm}^{-3}$ no horizonte A, para $1,65 \text{ kg.dm}^{-3}$ no horizonte BC e o volume total de poros decresceu nos mesmos horizontes de 52 % para 38 % devido, principalmente, ao decréscimo da matéria orgânica (Tabela 5), que contribui para a agregação do solo e, conseqüentemente, para o aumento do volume total de poros (MACHADO et al., 1981).

No solo sob cultura anual, o aumento do valor da densidade do solo de $1,56 \text{ kg.dm}^{-3}$ no horizonte Ap para $1,65 \text{ kg.dm}^{-3}$ no horizonte Bt1 e em seguida, uma diminuição para $1,58 \text{ kg.dm}^{-3}$ no horizonte Bt2 é devido, provavelmente, à compactação do solo em decorrência do preparo para o plantio, que implicou num decréscimo do volume total de poros de 43 % para 38 % e, conseqüentemente no aumento da densidade do solo. No solo sob pastagem houve pouca variação no valor da densidade, de $1,51 \text{ kg.dm}^{-3}$ a $1,58 \text{ kg.dm}^{-3}$, assim como da porosidade total que variou de 39 % a 43 %.

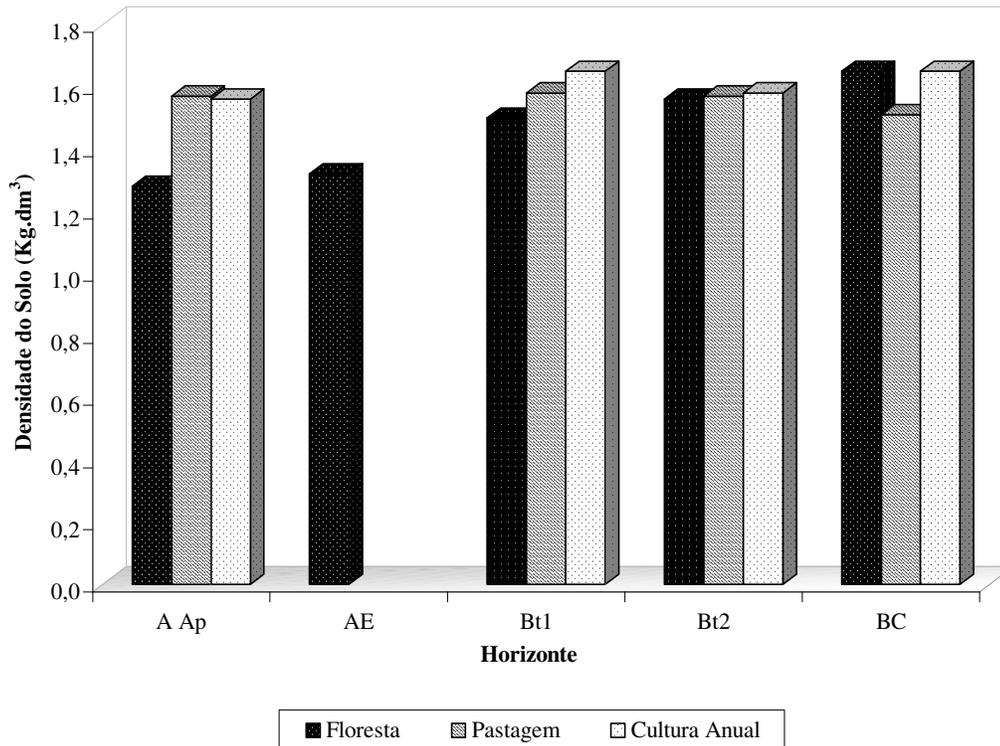


Figura 4 - Valores de densidade do solo de horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

A Figura 5 mostra a proporção do volume total de poros dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual. Observa-se comparativamente em relação ao solo sob floresta, as variações do volume total de poros, principalmente dos horizontes mais superficiais em decorrência do uso e manejo, concordando com Silveira (2001).

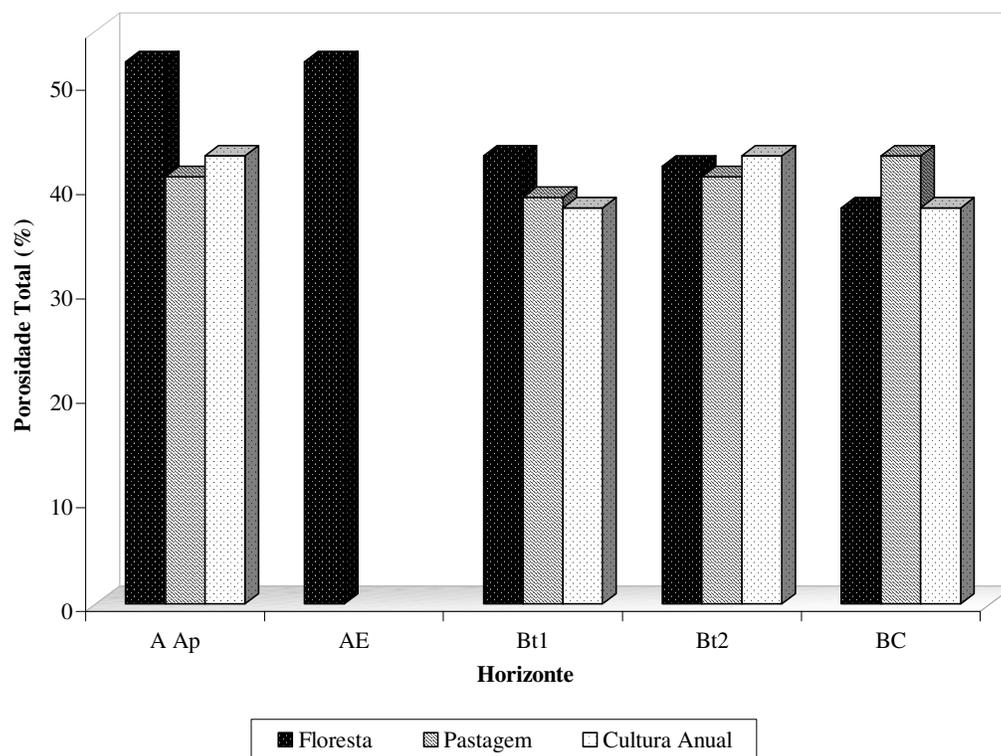


Figura 5 – Valores da porosidade total dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

6.3 Análise química dos perfis de solo

A Tabela 5 apresenta as características químicas dos perfis de solo. Para todos os usos, o hidrogênio (H^+) é o cátion dominante no complexo de troca em todos os horizontes, variando de $14,66 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ a $43,24 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, sendo considerados valores altos (EMATER, 1998). Com exceção do horizonte A do solo sob floresta e do horizonte Ap do solo sob cultura anual que têm predominância, dentre as bases, de cálcio (Ca^{2+}) com os seguintes valores: $48,6 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e $18,9 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, sendo considerados valores alto e médio, respectivamente. O Mg^{2+} também é expressivo, dentre as bases, no horizonte A dos solos sob floresta e cultura anual, com valores de $19,80 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e $7,20 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, sendo considerados valores alto e médio, respectivamente. Os valores mais altos de Ca^{2+} e Mg^{2+} no horizonte A do solo sob floresta é devido ao húmus e no solo sob cultura anual é devido, principalmente, à calagem. A distribuição do Ca^{2+} e do Mg^{2+} nos perfis de solo pode ser observada na Figura 6.

Tabela 5 - Características químicas dos solos estudados

Horizonte		pH		Bases Trocáveis			Soma Bases	Acidez Extraível		CTC	V* m**	P***	RC****	Mat. Org.	Carb. Org.	Nitro-gênio		
Simb.	Prof. cm	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺		%	mg. dm ⁻³		MO	C	N	C/N	
PVAd - FLORESTA																		
A	0-25	6,3	5,9	48,60	19,80	4,86	73,26	0,60	20,73	94,59	77	1	11,71	56,82	29,80	17,29	1,49	11,60
AE	25-80	4,9	4,3	9,00	4,59	2,55	16,14	3,30	27,54	46,98	34	17	2,45	17,67	12,05	6,99	0,60	11,65
Bt1	80-125	4,7	4,0	13,95	9,99	3,33	27,27	11,00	43,07	81,34	34	29	2,22	14,72	9,05	5,25	0,45	11,67
Bt2	125-158	4,4	3,9	10,80	10,08	3,06	23,94	17,90	43,24	85,08	28	43	0,88	13,95	7,88	4,57	0,39	11,72
BC	158-200+	4,5	4,0	6,30	6,48	2,46	15,24	16,50	25,79	57,53	26	52	0,44	12,21	4,43	2,57	0,22	11,68
PVAe - PASTAGEM																		
Ap	0-25	5,5	5,2	11,70	3,96	1,38	17,04	0,50	19,74	37,28	46	3	4,96	19,49	10,84	6,29	0,54	11,65
Bt1	25-65	5,3	4,6	16,20	1,98	0,42	18,60	0,90	19,34	38,84	48	5	0,88	10,83	5,57	3,23	0,28	11,54
Bt2	65-120	5,5	5,0	18,00	2,34	0,54	20,88	0,20	20,04	41,12	51	1	0,44	9,58	4,43	2,57	0,22	11,68
BC	120-200+	6,1	5,4	18,00	2,88	0,30	21,18	0,10	14,66	35,94	59	0,5	0,88	10,64	2,19	1,27	0,11	11,55
PVd - CULTURA ANUAL																		
Ap	0-40	6,2	5,8	18,90	7,20	1,92	28,74	0,10	16,29	45,13	64	0,3	22,36	32,04	6,14	3,56	0,31	11,48
Bt1	40-70	5,4	4,7	18,90	2,88	1,02	22,80	0,80	19,44	43,04	53	4	0,88	10,26	5,00	2,90	0,25	11,60
Bt2	70-140	5,0	4,3	11,70	3,24	1,08	16,02	5,60	20,73	42,35	38	26	0,88	8,32	4,43	2,57	0,22	11,68
BC	140-200+	4,8	4,1	8,10	2,88	1,02	12,00	8,50	16,48	36,98	32	42	0,88	9,76	2,19	1,27	0,11	11,55

*V% = 100S/CTC; **m% = 100Al³⁺/S+Al³⁺; ***P-Fósforo Assimilável (mg.dm⁻³);****RC-Retenção de Cátions = 100(S+Al³⁺/kg argila).

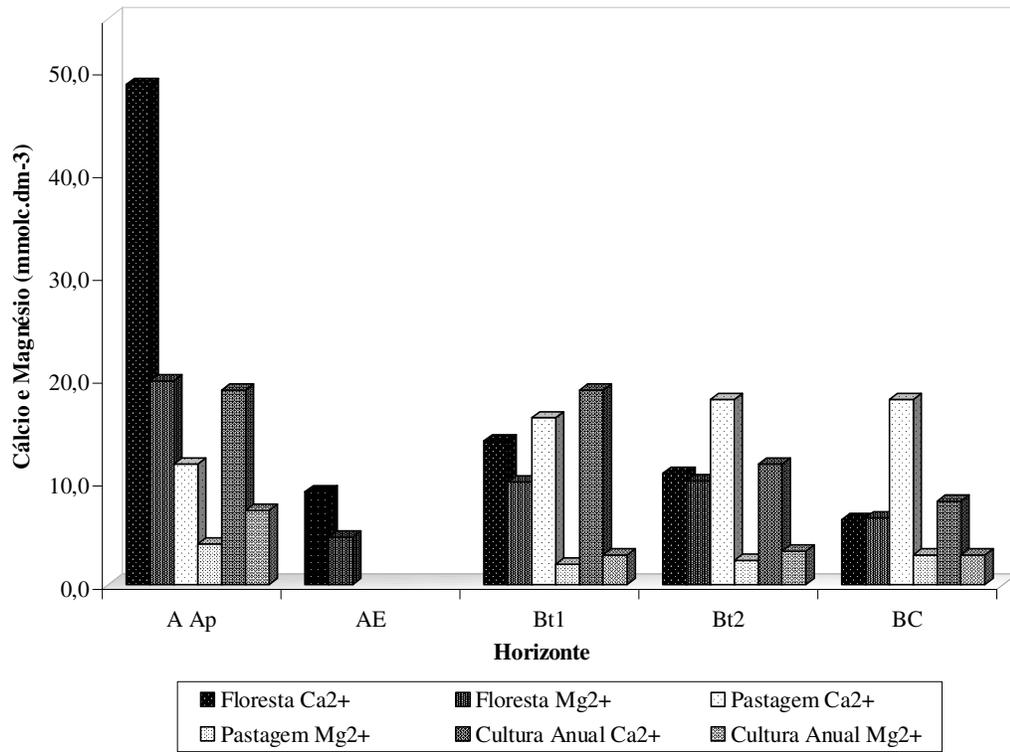


Figura 6 – Valores de cálcio e magnésio de horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

A reação do solo no horizonte A do solo sob floresta e no horizonte Ap do solo sob pastagem e cultura anual é moderadamente ácida, com pH em água de 6,3; 5,5 e 6,2, respectivamente (EMBRAPA, 1999). De modo geral, o pH dos solos sob floresta e cultura anual diminui em profundidade com o aumento do alumínio (Al^{3+}), e o pH do solo sob pastagem aumenta em profundidade com a diminuição do alumínio (Al^{3+}), provavelmente devido a hidrólise do Al^{3+} da solução do solo, que aumenta a acidez (KIEHL, 1979).

O pH em cloreto de potássio (KCl) com valores mais baixos do que o pH em água resultou em valores de delta pH ($\Delta pH = pH\ KCl - pH\ \text{água}$) negativo, indicando que ocorre nos solos predominância de argila silicatada (KIEHL, 1979).

A capacidade de troca catiônica (CTC) diz respeito à quantidade total de cátions retidos à superfície dos colóides (minerais de argila e húmus) em estado permutável. O maior valor de CTC, $94,59\ mmol_c.dm^{-3}$, foi encontrado para o horizonte A do solo sob floresta, provavelmente devido ao maior teor de matéria orgânica, de $29,8\ g.dm^{-3}$ e

por estar humificada, uma vez que a relação C/N é de 11,6 (KIEHL, 1979) e a CTC do húmus ser maior que a dos minerais de argila (MELLO et al., 1983).

A CTC variou, em $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, de 94,59 a 46,98 no solo sob floresta, 41,12 a 35,94 no solo sob pastagem e de 45,13 a 36,98 no solo sob cultura anual, em função do aumento ou diminuição da matéria orgânica (Tabela 5) e do teor de argila (Tabela 4). Esses valores caracterizam um grau moderado de CTC para o horizonte A do solo sob floresta, e para os demais horizontes em todos os usos um grau baixo de CTC (MELLO et al., 1983).

A saturação por bases (V %) no solo sob floresta decresceu de 77 % para 26 % e a saturação por alumínio (m %) aumentou de 1 % para 52 %, do horizonte A para o horizonte BC, caracterizando um caráter distrófico para este solo, uma vez que a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresenta V % menor que 50 %. A saturação por bases no solo sob pastagem aumentou de 46 % no horizonte Ap, para 59 % no horizonte BC e a saturação por alumínio variou de 5 a 0,5 %, caracterizando caráter eutrófico para este solo, devido a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresentar saturação por bases maior que 50 %. A saturação por bases no solo sob cultura anual decresceu de 64 % para 32 %, e a saturação por alumínio aumentou de 0,3 % para 42 %, do horizonte Ap para o horizonte BC, caracterizando caráter distrófico para este solo, devido a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresentar V % menor que 50 % (EMBRAPA, 1999). Segundo Olmos (1983) os solos que apresentam caráter eutrófico possuem as melhores condições de fertilidade e os de caráter distrófico são pouco ou muito pouco férteis e sem reserva de nutrientes.

O carbono orgânico para todos os usos diminuiu em profundidade, sendo que os maiores valores foram encontrados para o solo sob floresta, $17,29 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte A e $2,57 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte BC, seguido do solo sob pastagem, com valores de $6,29 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte Ap e $1,27 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte BC e os menores valores foram verificados para o solo sob cultura anual (em sistema de rotação de culturas), $3,56 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte Ap e $1,27 \text{ g}.\text{dm}^{-3}$ no horizonte BC.

Segundo Mello et al. (1983) valores de carbono orgânico, expressos em porcentagem inferiores a 0,6; de 0,6 a 1,2 e maior que 1,2, são interpretados como valores baixo, médio e alto, respectivamente. Assim, no solo sob floresta o teor de carbono orgânico do horizonte A é considerado alto; do AE, médio e do Bt1, Bt2 e BC, baixo. O teor de carbono orgânico do horizonte Ap do solo sob pastagem é considerado médio e dos demais horizontes

baixo, sendo que, o teor de carbono orgânico para o solo sob cultura anual é baixo em todo o perfil de solo.

Os valores da relação carbono nitrogênio são semelhantes para todos os usos, variando de 11,48:1 a 11,68:1. Os valores encontrados se devem a decomposição da matéria orgânica, que auxilia na perda de carbono, enquanto o nitrogênio vai sendo reciclado, até chegar a uma relação média de 10:1, quando se estabiliza na forma húmica (SILVEIRA, 2001). A relação C/N fornece informação sobre o estado de humificação da matéria orgânica. Todavia, o húmus possui uma relação C/N que varia de 12:1 a 8:1 tendo por média 10:1 (KIEHL, 1979), evidenciando, portanto, através dos dados, que a matéria orgânica dos solos encontra-se num estágio avançado de decomposição.

A retenção de cátions no horizonte B dos solos estudados variou de 8,32 $\text{cmol}_{\text{c}(+)}/\text{kg}$ argila no horizonte Bt2 sob cultura anual a 14,72 $\text{cmol}_{\text{c}(+)}/\text{kg}$ argila no horizonte Bt1 sob floresta, valores coerentes com os valores encontrados em horizontes B de ARGISSOLOS.

Através da descrição geral e morfológica, dos resultados analíticos, físicos e químicos, Tabelas 2, 3, 4 e 5, foi possível classificar os solos segundo EMBRAPA (1999).

PVAd – ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico arênico A chernozêmico textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 1, sob floresta).

PVe – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 2, sob pastagem).

PVd – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrúptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 3, sob cultura anual).

6.4 Análise de agregados

Na Tabela 6 estão apresentados os diâmetros médios ponderados dos agregados com 5 repetições obtidos por via seca (S) e úmida (U), onde se pode observar que

os valores médios referentes aos horizontes A e a média geral do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) dos solos decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual, respectivamente, com os valores de 1,33560 e 1,445496 (S) – 2,81114 e 2,351380 (U); 0,66748 e 1,011830 (S) – 2,79642 e 1,624250 (U); 0,32468 e 0,993775 (S) – 1,25808 e 0,983135 mm (U). A maior estabilidade dos agregados do horizonte A do solo sob floresta é devido, comparativamente aos outros usos, ao maior teor de matéria orgânica (Tabela 5), que se origina em grande parte dos tecidos das partes aérea e subterrânea de uma variedade muito grande de plantas. A maior estabilidade dos agregados do solo sob pastagem em relação ao solo sob cultura anual é devido ao sistema radicular das gramíneas que induzem a agregação e dão estabilidade à estrutura do solo, além do seu sistema foliar permitir densa cobertura do terreno, o que leva à redução e controle da erosão (SILVEIRA, 2001). No solo sob cultura anual, em sistema de rotação de culturas, o menor valor encontrado referente ao DMPA do horizonte Ap, é indicativo de que os agregados são menos estáveis, em decorrência das operações agrícolas de preparo do solo para plantio, concordando com Paladini (1989).

Os resultados da análise de variância, do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) obtidos por vias seca úmida, referentes aos diferentes usos dos solos para os horizontes dos perfis de solo estão nas Tabelas 7 e 8, e mostram que o DMPA é estatisticamente, para os dois métodos de obtenção, diferente para os horizontes A, AE, Bt1, Bt2 e BC do solo sob floresta e para os horizontes Ap, Bt1, Bt2 e BC dos solos sob pastagem e cultura anual, a 1 % de probabilidade, sendo que o coeficiente de variação dos dados em relação à média variou de 7,6 % (via seca) e 5,29 % (via úmida) na floresta, 8,76 % (via seca) e 2,76 % (via úmida) na pastagem e 8,05 % (via seca) e 5,69 (via úmida) na cultura anual, sendo considerados valores baixos (GOMES, 1987) o que leva a crer que a amostragem para análise foi bem criteriosa.

Tabela 6 – Valores do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca (S) e úmida (U), para os usos e os horizontes dos perfis de solo

FLORESTA			PASTAGEM			CULTURA ANUAL			Média Geral	
S	U	Média	S	U	Média	S	U	Média		
A			Ap			Ap				
1,3012	2,8173		0,6962	2,8421		0,4301	1,3308			
1,4316	2,8216		0,7435	2,8029		0,2848	1,1860			
1,2823	2,8065		0,6670	2,7101		0,3444	1,3282			
1,2673	2,8209		0,5958	2,7952		0,3127	1,2647			
1,3956	2,7894		0,6349	2,8318		0,2514	1,1807			
Média	1,33560	2,81114	2,073370	0,66748	2,79642	1,731950	0,32468	1,25808	0,791380	1,532233
AE										
0,9422	2,7733									
0,7585	2,4685									
0,8331	2,3965									
0,7671	2,2697									
0,7678	2,5974									
Média	0,81374	2,50108	1,657410							
Bt1			Bt1			Bt1				
1,9152	2,5833		1,0775	2,0094		1,6135	0,6780			
1,6280	2,3512		1,0860	2,0017		1,4311	0,6798			
1,6814	2,5801		1,0071	1,9686		1,4208	0,6456			
1,7063	2,5064		1,2052	2,0191		1,6939	0,6475			
1,5471	2,2797		1,1668	2,1124		1,6052	0,6584			
Média	1,69560	2,46014	2,077870	1,10852	2,02224	1,565380	1,55290	0,66186	1,107380	1,583543
Bt2			Bt2			Bt2				
1,7271	2,2998		1,1386	1,0123		1,4301	0,9437			
2,0832	2,2477		1,2725	1,0757		1,4610	0,9782			
1,8871	2,2443		1,3266	1,0314		1,5175	0,9564			
1,8336	2,1846		1,2136	1,0407		1,5517	0,9205			
1,8279	1,9770		1,2970	1,0619		1,4406	0,9562			
Média	1,87178	2,19068	2,031230	1,24966	1,04440	1,147030	1,48018	0,95100	1,215590	1,464617
BC			BC			BC				
1,6338	1,7266		1,0576	0,6041		0,6135	1,1756			
1,4921	1,8731		1,0942	0,6296		0,6070	1,0388			
1,5836	1,8127		0,9783	0,6972		0,6411	0,9531			
1,5084	1,8450		0,8226	0,6494		0,6950	1,0555			
1,3359	1,7119		1,1556	0,5894		0,5301	1,0850			
Média	1,51076	1,79386	1,652310	1,02166	0,63394	0,827800	0,61734	1,06160	0,839470	1,106527
Média Geral	1,445496	2,351380	1,011830	1,624250	0,993775	0,983135	1,401644			

Tabela 7 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA – mm), obtidos por via seca, referentes a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo (tratamento)

Uso	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
FLORESTA	Horizonte	4	3,2986	0,8247	68,29**
	Resíduo	20	0,2415	0,0121	
	Total	24	3,5401		
		CV=7,60%		Média = 1,445496	
PASTAGEM	Horizonte	3	0,9229	0,3076	39,18**
	Resíduo	16	0,1256	0,0079	
	Total	19	1,0485		
		CV=8,76%		Média = 1,011830	
CULTURA ANUAL	Horizonte	3	5,6930	1,8977	296,34**
	Resíduo	16	0,1025	0,0064	
	Total	19	5,7955		
		CV=8,05%		Média = 0,993775	

** Significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 8 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo (tratamento)

Uso	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
FLORESTA	Horizonte	4	2,9114	0,7278	46,96**
	Resíduo	20	0,3099	0,0155	
	Total	24	3,2214		
		CV=5,29%		Média = 2,351380	
PASTAGEM	Horizonte	3	14,2466	4,7489	2369,35**
	Resíduo	16	0,0321	0,0020	
	Total	19	14,2787		
		CV=2,76%		Média = 1,624250	
CULTURA ANUAL	Horizonte	3	0,9300	0,3100	98,91**
	Resíduo	16	0,0501	0,0031	
	Total	19	0,9802		
		CV=5,69%		Média = 0,983135	

** Significativo a 1% de probabilidade.

Os menores valores de DMPA, obtidos por via seca e úmida, Tabela 6 e Figuras 7 e 8, para o horizonte Ap dos solos sob pastagem e cultura anual são devidos aos menores teores de matéria orgânica e argila, sendo menos estáveis os agregados sob cultura anual, provavelmente devido às mobilizações do solo para plantio.

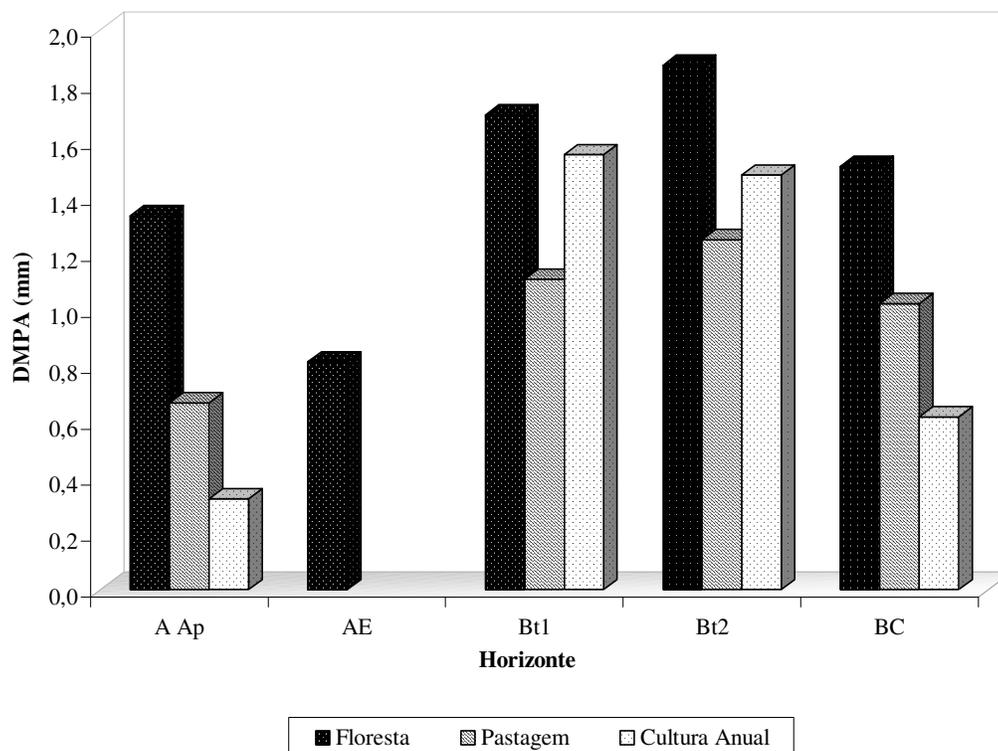


Figura 7 – Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual obtidos por via seca.

Na Tabela 6 e Figura 7, pode-se verificar que o menor valor de DMPA, obtido por via seca, foi para o horizonte AE do solo sob floresta e que o DMPA diminuiu de 1,33560 mm, no horizonte A, para 0,81374 mm no horizonte AE, provavelmente, devido a diminuição do teor de matéria orgânica, que é um dos responsáveis pela estabilidade de agregados, de 29,8 g.dm⁻³ para 12,05 g.dm⁻¹ uma vez que o teor de argila diminuiu apenas 20 g.kg⁻¹, Tabelas 5 e 4 e Figuras 9 e 10.

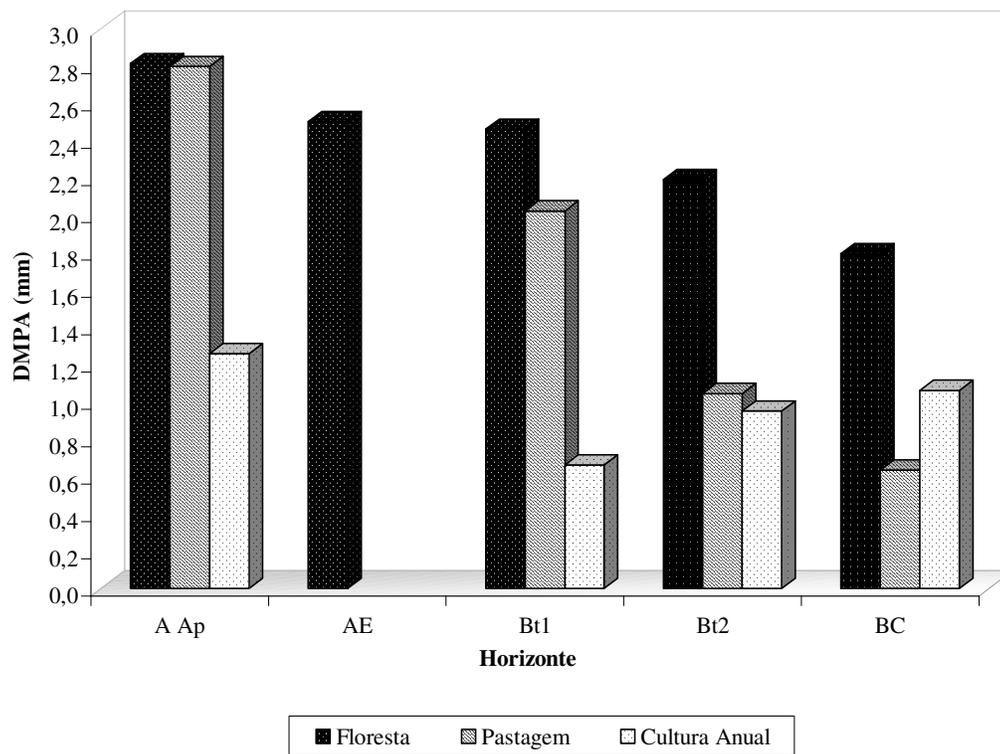


Figura 8 – Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual obtidos por via úmida.

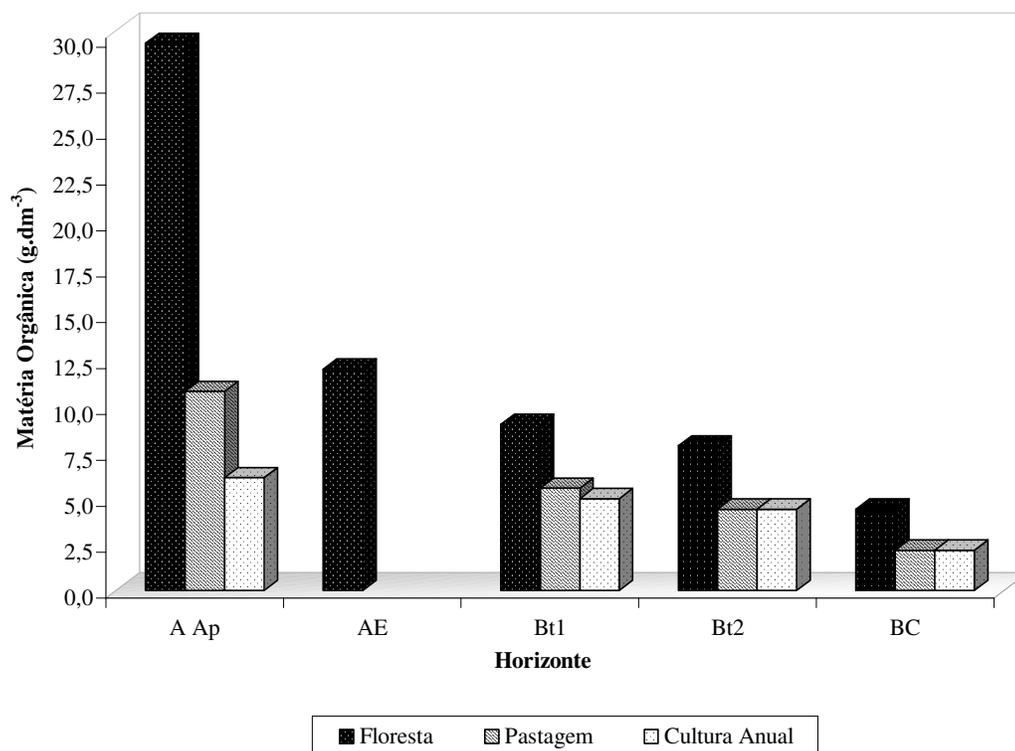


Figura 9 - Teor de matéria orgânica de horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

De modo geral, os agregados obtidos por via seca são mais estáveis nos horizontes Bt1 e Bt2, apresentando DMPA variando de 1,10852 mm no horizonte Bt1 do solo sob pastagem a 1,87178 mm no horizonte Bt2 do solo sob floresta, devido ao aumento expressivo da fração argila. Observa-se que o DMPA decresce do horizonte Bt2 para o BC em todos os usos, devido ao decréscimo da matéria orgânica e do teor de argila (Tabela 6 e Figuras 7, 9 e 10).

Os agregados obtidos por via úmida são mais estáveis nos horizontes A que têm maior teor de matéria orgânica do que os demais horizontes, apresentando no solo sob floresta, 29,80 g.dm⁻³ de matéria orgânica, DMPA de 2,81114 mm; no solo sob pastagem, com 10,84 g.dm⁻³ de matéria orgânica, DMPA de 2,79642 mm e no solo sob cultura anual, com 6,14 g.dm⁻³ de matéria orgânica, DMPA de 1,25808 mm (Tabela 6 e Figuras 8 e 9). Observa-se que o DMPA decresce do horizonte Bt2 para o BC nos usos com floresta e pastagem e aumenta do horizonte Bt2 para o BC no solo sob cultura anual, provavelmente devido ao grau de floculação da fração argila ser de 71 % (Tabelas 6 e 4 e Figura 8). A

floculação dos colóides do solo, que estão na fração argila, provavelmente deram origem a microagregados (EMBRAPA, 1997) que são mais resistentes ao tamisamento a úmido do que a seco.

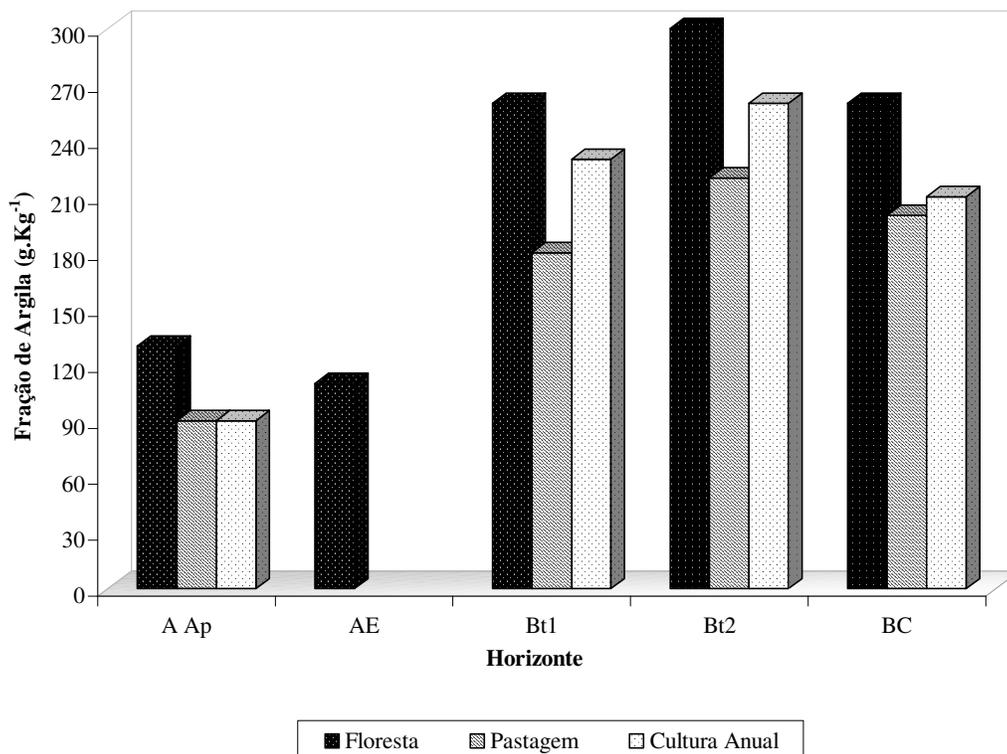


Figura 10 - Teor de argila de horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

A Tabela 9 apresenta comparações de médias do diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo. O teste de Tukey aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo sob floresta não apresentou significância estatística para os horizontes Bt1 (1,69560 mm) e Bt2 (1,87178 mm); Bt1 (1,69560 mm) e BC (1,51076 mm); A (1,33560 mm) e BC (1,51076 mm), sendo que o DMPA do horizonte AE (0,81374 mm) é diferente dos demais ao nível de 5 % de probabilidade, e os agregados são os menos estáveis.

Tabela 9 – Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), obtidos por via seca, referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solos

DMPA (mm)					
FLORESTA					
A	AE	Bt1	Bt2	BC	DMS*
1,33560c	0,81374d	1,69560ab	1,87178a	1,51076bc	0,208
PASTAGEM					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
0,66748c		1,10852ab	1,24966a	1,02166b	0,1603
CULTURA ANUAL					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
0,32468c		1,55290a	1,48018a	0,61734b	0,1448

* DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No horizonte AE, transicional, com características também de horizonte E que é um horizonte eluvial com perda de argila silicatada, óxidos de ferro e de alumínio, com resultante concentração de quartzo, os agregados são os menos estáveis do perfil, provavelmente, devido ao teor de matéria orgânica de 12,05 g.dm⁻³ ser insuficiente para suprir a perda dos componentes minerais eluviados e que também promovem e dão estabilidade à estrutura do solo (KIEHL, 1979).

O teste de Tukey (Tabela 9) aplicado às médias do DMPA, obtido por via seca, nos diferentes horizontes para o solo sob pastagem não apresentou significância estatística para os horizontes Bt1 (1,10852 mm) e Bt2 (1,24966 mm); Bt1 (1,10852 mm) e BC (1,02166 mm), devido ao aumento do teor de argila e diminuição do teor de matéria orgânica, sendo que o DMPA do horizonte Ap (0,66748 mm) difere dos demais e os agregados são menos estáveis, provavelmente, devido ao menor teor da fração argila (90 g.kg⁻¹).

Para o solo sob cultura anual, as médias de DMPA, obtidas por via seca, dos horizontes Bt1 (1,55290 mm) e Bt2 (1,48018 mm) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (Tabela 9), devido a pouca variação dos teores de argila e matéria orgânica,

mas são, estatisticamente, diferentes dos horizontes BC (0,61734 mm) e Ap (0,32468 mm), que por sua vez difere do horizonte BC (0,61734 mm). O DMPA dos agregados do horizonte Ap é menor e diferente dos demais, devido ao menor teor da fração argila (90 g.kg^{-1}), baixo teor de matéria orgânica e ao revolvimento superficial do solo, que destrói os agregados, favorecendo a perda das frações finas e dando menor estabilidade aos agregados.

A Tabela 10 apresenta comparações de médias do diâmetro médio ponderado de agregados, obtidos por via úmida, referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo. O teste de Tukey aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo sob floresta não apresentou significância estatística para os horizontes AE (2,50108) e Bt1 (2,46014), provavelmente devido ao teor próximo de argila e matéria orgânica, isto é, o horizonte AE tem 110 g.kg^{-1} de argila e $12,05 \text{ g.dm}^{-3}$ de matéria orgânica e o horizonte Bt1 tem 260 g.kg^{-1} de argila e $9,05 \text{ g.dm}^{-3}$ de matéria orgânica (Tabelas 4 e 5), indicando que o teor de matéria orgânica torna os agregados mais resistentes ao tamisamento a úmido. Todavia, o DMPA desses horizontes (AE e Bt1) difere estatisticamente dos demais do perfil. Para os horizontes: A (2,81114), Bt2 (2,19068) e BC (1,79386) apresentou significância estatística, indicando que a estabilidade dos agregados difere entre eles, sendo os agregados mais estáveis ao tamisamento úmido decresce do horizonte A para o BC, assim como o teor de matéria orgânica (Tabela 5), indicando que a matéria orgânica dá maior estabilidade aos agregados, em relação ao teor de argila (Tabela 4), quando submetidos ao tamisamento a úmido, concordando com Bastos et. al (2005).

Tabela 10 – Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis de solo

DMPA (mm)					
FLORESTA					
A	AE	Bt1	Bt2	BC	DMS*
2,81114a	2,50108b	2,46014b	2,19068c	1,79386d	0,2356
PASTAGEM					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
2,79642a		2,02224b	1,04440c	0,63394d	0,0810
CULTURA ANUAL					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
1,25808a		0,66186d	0,95100c	1,06160b	0,1013

* DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teste de Tukey aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo sob pastagem (Tabela 10) apresentou significância estatística, ou seja, diferem entre si na seguinte ordem decrescente: Ap (2,79642); Bt1 (2,02224); Bt2 (1,04440) e BC (0,63394), assim, a estabilidade dos agregados decresce em profundidade, com o decréscimo do teor de matéria orgânica (Tabela 5), indicando mais uma vez, que a matéria orgânica dá mais estabilidade aos agregados, submetidos ao tamisamento a úmido, em relação ao teor de argila que aumenta nos horizontes Bt1, Bt2 e BC (Tabela 4).

O teste de Tukey aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo com cultura anual (Tabela 10) apresentou significância estatística, ou seja, diferem entre si na seguinte ordem decrescente: Ap (1,25808); BC (1,06160); Bt2 (0,95100) e Bt1 (0,66186). Essa ordem decrescente do DMPA obtido por via úmida, está relacionado com o teor de matéria orgânica e ao grau de flocculação dos colóides do solo, que estão na fração argila (Tabelas 4 e 5).

Os resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados, obtidos por via seca, dos horizontes A, Bt1, Bt2 e BC para os usos com floresta, pastagem e cultura anual, encontram-se na Tabela 11. O diâmetro médio ponderado foi significativo a 1 % de probabilidade para todos os horizontes considerados. O coeficiente de

variação dos dados em relação à média variou de 8,56 % no horizonte A; 7,91 % no Bt1; 6,03 % no Bt2 e 9,98 % no BC, sendo considerados valores baixos.

Tabela 11 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento)

Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	Uso do solo	2	2,66431	1,3215	299,70**
	Resíduo	12	0,0529	0,0044	
	Total	14	2,6960		
		CV=8,56%	Média = 0,775920		
Bt1	Uso do solo	2	0,9375	0,4687	35,55**
	Resíduo	12	0,1582	0,0132	
	Total	14			
		CV=7,91%	Média = 1,452340		
Bt2	Uso do solo	2	0,9892	0,4946	57,90**
	Resíduo	12	0,1025	0,0085	
	Total	14	1,0917		
		CV=6,03%	Média = 1,533873		
BC	Uso do solo	2	2,0015	1,0007	91,18**
	Resíduo	12	0,1317	0,0110	
	Total	14	2,1332		
		CV=9,98%	Média = 1,049920		

** Significativo a 1% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados, obtidos por via úmida dos horizontes A, Bt1, Bt2 e BC para os usos com floresta, pastagem e cultura anual, encontram-se na Tabela 12. O diâmetro médio ponderado foi significativo a 1 % de probabilidade para todos os horizontes considerados. O coeficiente de variação dos dados em relação à média variou de 2,29 % no horizonte A; 5,02 % no Bt1; 5,40 % no Bt2 e 5,74 % no BC, sendo considerados valores baixos (GOMES, 1987) indicando a precisão na obtenção dos dados.

Tabela 12 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento)

Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	Uso do solo	2	7,9645	3,9823	1448,01**
	Resíduo	12	0,0330	0,0028	
	Total	14	7,9975		
		CV=2,29%		Média = 2,288547	
Bt1	Uso do solo	2	8,7937	4,3968	594,21**
	Resíduo	12	0,0888	0,0074	
	Total	14	8,8825		
		CV=5,02%		Média = 1,714747	
Bt2	Uso do solo	2	4,7658	2,3829	420,46**
	Resíduo	12	0,0680	0,0057	
	Total	14	4,8338		
		CV=5,40%		Média = 1,395360	
BC	Uso do solo	2	3,4409	1,7204	385,91**
	Resíduo	12	0,0535	0,0045	
	Total	14	3,4944		
		CV=5,74%		Média = 1,163133	

** Significativo a 1 % de probabilidade.

Na Figura 11 observa-se que os agregados dos horizontes A, Bt1, Bt2 e BC do solo sob floresta são maiores e, conseqüentemente, mais estáveis em relação aos outros usos, obtidos tanto por via seca como úmida. Os agregados do horizonte A são mais estáveis devido ao maior acúmulo de matéria orgânica e cátions bivalentes como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} (Tabela 5), que segundo Sidiras e Vieira (1984) colaboram para aumentar a estabilidade dos agregados, uma vez que há pouca variação do teor de argila dos horizontes A, Tabela 4 (130 g.kg^{-1} na floresta, 90 g.kg^{-1} na pastagem e cultura anual).

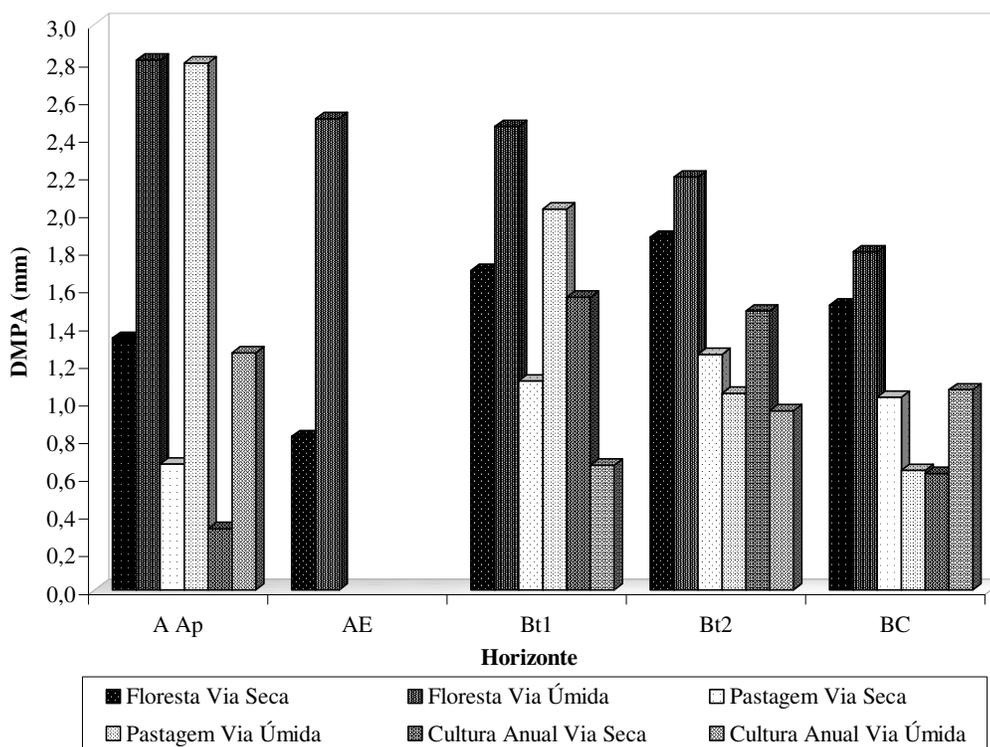


Figura 11 – Representação conjunta do diâmetro médio ponderado de agregados dos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual obtidos por via seca e úmida.

Devido ao gradiente textural dos ARGISSOLOS e do decréscimo do teor de matéria orgânica em profundidade, a estabilidade dos agregados, obtidos por via seca, dos horizontes Bt1, Bt2 e BC pode ser atribuída ao maior teor da fração argila e, conseqüentemente, de colóides minerais tais como argilominerais e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, que dão estabilidade aos agregados uma vez que são agentes cimentantes.

A Tabela 13 apresenta os resultados do teste de Tukey aplicado às médias do DMPA, obtido via seca, referentes aos horizontes para os usos dos solos, onde se pode verificar que o DMPA dos horizontes A diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade, mostrando o efeito do uso e manejo dos solos. A diminuição do DMPA do horizonte A de 1,33560 mm do solo sob floresta, para 0,32468 mm no solo sob cultura anual é devido às mobilizações do solo para as atividades de preparo e plantio e redução da matéria orgânica. O DMPA do horizonte Ap do solo sob pastagem, de 0,66748 mm é superior ao do mesmo horizonte do solo sob cultura anual, mostrando que a pastagem está melhorando as condições

físicas do solo devido, provavelmente, à contínua adição de restos orgânicos ao solo e também à liberação pelas raízes de materiais orgânicos considerados substâncias estabilizadoras de agregados (OADES, 1978).

Tabela 13 - Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca, referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos

Horizonte	DMPA (mm)			DMS*
	Floresta	Pastagem	Cultura Anual	
A	1,33560 a	0,66748 b	0,32468 c	0,1120
Bt1	1,69560 a	1,10852 b	1,55290 a	0,1937
Bt2	1,87178 a	1,24966 c	1,48018 b	0,1559
BC	1,51076 a	1,02166 b	0,61734 c	0,1768

* DMS – Diferença mínima significativa.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 13 pode-se verificar que o DMPA do horizonte Bt1 do solo sob floresta (1,69560 mm) difere estatisticamente a 5 % de probabilidade do horizonte Bt1 do solo sob pastagem (1,10852 mm), mas não difere do horizonte Bt1 do solo sob cultura anual (1,55290 mm), que por sua vez difere estatisticamente do horizonte Bt1 do solo sob pastagem (1,10852 mm) devido, provavelmente, a variações do teor da fração argila (Tabela 4).

Como pode ser observado na Tabela 13, os valores médios do DMPA, obtidos por via seca, dos Horizontes Bt2 diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade em todos os usos, sendo que a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVd – cultura anual > PVe – pastagem, com os valores de 1,87178; 1,48018 e 1,24966mm. O teor de argila e de matéria orgânica do horizonte Bt2 dos solos sob floresta, cultura anual e pastagem são os seguintes: 300 g.kg⁻¹ e 7,88 g.dm⁻³; 260 g.kg⁻¹e 4,43 g.dm⁻³; 220 g.kg⁻¹ e 4,43 g.dm⁻³, respectivamente, o que leva a crer que as diferenças de estabilidade dos agregados são devidas a variações no teor da fração argila.

O DMPA dos horizontes BC difere estatisticamente a 5 % de probabilidade em todos os usos sendo que, a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual, com os valores de 1,51076; 1,02166 e 0,61734 mm respectivamente, em decorrência de variações no teor da

fração argila, Ca^{2+} , Mg^{2+} e grau de floculação da fração argila (Tabelas 4 e 5), que são variáveis que influenciam diretamente na estabilidade de agregados.

A Tabela 14 apresenta os resultados do teste de Tukey aplicado às médias do DMPA, obtido via úmida, referente aos horizontes para os usos dos solos, onde se pode verificar que o DMPA dos horizontes A dos solos sob floresta e pastagem são iguais e diferem do horizonte A do solo sob cultura anual estatisticamente a 5 % de probabilidade, mostrando o efeito do uso e manejo dos solos. A diminuição do DMPA do horizonte A de 2,81114 mm do solo sob floresta, e 2,79642 mm do solo sob pastagem para 1,25808 mm no solo sob cultura anual é devido às mobilizações do solo para as atividades de preparo e plantio e redução da matéria orgânica, uma vez que o grau de floculação dos colóides da fração argila, 33 %, e o teor de argila, 90 g.kg^{-1} , são iguais para os solos sob pastagem e cultura anual (Tabela 4).

Tabela 14 – Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via úmida, referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos

Horizontes	DMPA (mm)			DMS*
	FLORESTA	PASTAGEM	CULTURA ANUAL	
A	2,81114a	2,79642a	1,25808b	0,0885
Bt1	2,46014a	2,02224b	0,66186c	0,1451
Bt2	2,19068a	1,04440b	0,95100b	0,1270
BC	1,79386a	0,63394c	1,06160b	0,1127

DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 14 pode-se verificar que o DMPA, obtido por via úmida, do horizonte Bt1 do solo sob floresta (2,46014 mm), do solo sob pastagem (2,02224 mm) e do solo sob cultura anual (0,66186 mm) difere estatisticamente a 5 % de probabilidade devido, provavelmente, a variações do teor de matéria orgânica, que é de $9,05 \text{ g.dm}^{-3}$; $5,57 \text{ g.dm}^{-3}$ e $5,00 \text{ g.dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 5), uma vez que o solo sob cultura anual apresenta teor de argila (230 g.kg^{-1}) maior que o solo sob pastagem (180 g.kg^{-1}), Tabela 4.

Como pode ser observado na Tabela 14, os valores médios do DMPA, obtido por via úmida, do horizonte Bt2 dos solos sob pastagem e cultura anual, estatisticamente são iguais e diferem do horizonte Bt2 do solo sob floresta, sendo que a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem

> PVd – cultura anual, com os valores de 2,19068; 1,04440 e 0,95100 mm. O teor de argila e de matéria orgânica do horizonte Bt2 dos solos sob floresta, cultura anual e pastagem são os seguintes: 300 g.kg⁻¹ e 7,88 g.dm⁻³; 260 g.kg⁻¹ e 4,43 g.dm⁻³; 220 g.kg⁻¹ e 4,43 g.dm⁻³, respectivamente, o que leva a crer que as diferenças de estabilidade dos agregados são devidas a variações no teor da fração argila.

Na Tabela 14 pode-se observar também que, os valores médios do DMPA obtidos via úmida dos horizontes BC diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade em todos os usos sendo que, a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVd – cultura anual > PVe – pastagem com os valores de 1,79386; 1,06160 e 0,63394 mm, respectivamente. Como os solos sob pastagem e cultura anual têm, no horizonte BC, praticamente o mesmo teor de argila, 200 g.kg⁻¹ e 210 g.kg⁻¹, respectivamente, e o mesmo teor de matéria orgânica, 2,19 g.dm⁻³ (Tabelas 4 e 5) o maior DMPA do horizonte BC do solo sob cultura anual é devido ao alto grau de floculação dos colóides da fração argila, que é de 71 %, enquanto que o da pastagem é de 40 % (Tabela 4), isto é, 71 % dos colóides da fração argila do horizonte BC do solo sob cultura anual se encontra floculada, dando maior estabilidade aos agregados (EMBRAPA, 1997). Todavia, a maior estabilidade dos agregados do horizonte BC do solo sob floresta é devido ao maior teor de argila, 260 g.kg⁻¹ e de matéria orgânica, 4,43 g.dm⁻³ (Tabelas 4 e 5).

Os resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), obtidos por via seca e úmida, referentes aos horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual, estão nas Tabelas 15, 16 e 17, respectivamente e mostram que o DMPA é estatisticamente diferente para todos os horizontes, A; AE; Bt1; Bt2 e BC do solo sob floresta; Ap; Bt1; Bt2 e BC do solo sob pastagem e Ap; Bt1; Bt2 e BC do solo sob cultura anual a 1 % de probabilidade, sendo que o coeficiente de variação dos dados em relação à média variou, no solo sob floresta de 2,54 % (horizonte A) e 8,88 % (horizonte AE); no solo sob pastagem de 3,14 % (horizonte Ap) e 11,55 % (horizonte BC) e no solo sob cultura anual de 3,28 % (horizonte Bt2) e 8,94 % (horizonte Ap) sendo considerados valores baixos, com exceção apenas do horizonte BC do solo sob pastagem que é um valor médio, podendo-se inferir que a amostragem para análise e a obtenção dos dados foi bem criteriosa (GOMES, 1987).

Tabela 15 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (A, AE, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob floresta para os métodos, via seca e úmida (tratamento)

FLORESTA					
Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	Via seca e úmida	1	5,4430	5,4430	1957,76**
	Resíduo	8	0,0222	0,0029	
	Total	9	5,4653		
		CV=2,54%	Média = 2,073370		
AE	Via seca e úmida	1	7,1178	7,1178	328,90**
	Resíduo	8	0,1731	0,0216	
	Total	9	7,2909		
		CV=8,88%	Média = 1,657410		
Bt1	Via seca e úmida	1	1,4613	1,4613	77,27**
	Resíduo	8	0,1513	0,0189	
	Total	9	1,6126		
		CV=6,62%	Média = 2,077870		
Bt2	Via seca e úmida	1	0,2542	0,2542	15,30**
	Resíduo	8	0,1330	0,0166	
	Total	9	0,3872		
		CV=6,35%	Média = 2,031230		
BC	Via seca e úmida	1	0,2004	0,2004	22,30**
	Resíduo	8	0,0719	0,0090	
	Total	9	0,2722		
		CV=5,74%	Média = 1,652310		

** Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 16 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (Ap, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob pastagem para os métodos, via seca e úmida (tratamento)

PASTAGEM					
Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Ap	Via seca e úmida	1	11,3310	11,3310	3835,05**
	Resíduo	8	0,0236	0,0030	
	Total	9	11,3546		
		CV=3,14%		Média = 1,731950	
Bt1	Via seca e úmida	1	2,0872	2,0872	462,52**
	Resíduo	8	0,0361	0,0045	
	Total	9	2,1233		
		CV= 4,29%		Média = 1,565380	
Bt2	Via seca e úmida	1	0,1053	0,1053	33,95**
	Resíduo	8	0,0248	0,0031	
	Total	9	0,1301		
		CV=4,86%		Média = 1,147030	
BC	Via seca e úmida	1	0,3758	0,3758	41,11**
	Resíduo	8	0,0731	0,0091	
	Total	9	0,4489		
		CV=11,55%		Média = 0,827800	

** Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 17 – Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) referentes a variável horizonte (Ap, Bt1, Bt2 e BC) do solo sob cultura anual para os métodos via seca e úmida (tratamento)

CULTURA ANUAL					
Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Ap	Via seca e úmida	1	2,1781	2,1781	435,20**
	Resíduo	8	0,0400	0,0050	
	Total	9	2,2181		
		CV=8,94%		Média = 0,791380	
Bt1	Via seca e úmida	1	1,9849	1,9849	266,25**
	Resíduo	8	0,0596	0,0075	
	Total	9	2,0445		
		CV=7,80%		Média = 1,107380	
Bt2	Via seca e úmida	1	0,7001	0,7001	439,96**
	Resíduo	8	0,0127	0,0016	
	Total	9	0,7128		
		CV=3,28%		Média = 1,215590	
BC	Via seca e úmida	1	0,4934	0,4934	98,19**
	Resíduo	8	0,0402	0,0050	
	Total	9	0,5336		
		CV=8,44%		Média = 0,839470	

** Significativo a 1% de probabilidade.

As Tabelas 18, 19 e 20 apresentam as comparações de médias do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) obtidos por via seca e úmida, respectivamente, para os horizontes dos perfis de solo sob floresta, pastagem e cultura anual. O teste de Tukey apresentou significância estatística a 5 % de probabilidade para todos os horizontes dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual, indicando que o DMPA é diferente quando obtido por via seca e úmida, de acordo com os métodos utilizados.

Tabela 18 – Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), obtidos por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob floresta

DMPA (mm)			
FLORESTA			
Horizonte	S	U	DMS*
A	1,33560 b	2,81114 a	0,0769
AE	0,81374 b	2,50108 a	0,2145
Bt1	1,69560 b	2,46014 a	0,2006
Bt2	1,87178 b	2,19068 a	0,1880
BC	1,51076 b	1,79386 a	0,1382

* DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 19 – Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMPA), obtidos por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob pastagem

DMPA (mm)			
PASTAGEM			
Horizonte	S	U	DMS*
Ap	0,66748 b	2,79642 a	0,0793
Bt1	1,10852 b	2,02224 a	0,0980
Bt2	1,24966 a	1,04440 b	0,0812
BC	1,02166 a	0,63394 b	0,1394

* DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 20 - Valores médios do diâmetro médio ponderado (DMPA-mm), obtidos por via seca (S) e úmida (U), referentes aos horizontes do perfil de solo sob cultura anual

DMPA (mm)			
CULTURA ANUAL			
Horizonte	S	U	DMS*
Ap	0,32468 b	1,25808 a	0,1032
Bt1	1,55290 a	0,66186 b	0,1259
Bt2	1,48018 a	0,95100 b	0,0582
BC	0,61734 b	1,06160 a	0,1034

* DMS - Diferença mínima significativa. Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que o DMPA, obtido por via seca e úmida, com exceção do horizonte Ap do solo sob cultura anual, obtido por via seca, é maior que 0,5 mm, indicando que os solos são resistentes ao esboroamento e à dispersão, sendo que, a permeabilidade à água e ao ar não se alterarão com um bom manejo (BAVER et al., 1973).

Provavelmente, o DMPA do horizonte Ap do solo sob cultura anual (0,32468), obtido via seca (Tabela 20), menor que 0,5 mm, foi sensível para mostrar que a estrutura do solo, com o tempo sofre modificações ou alterações provocadas, principalmente, pelo manejo do solo e pelo seu preparo, quando ele se acha relativamente seco ou demasiadamente úmido (GROHMANN, 1975). Todavia, o DMPA do horizonte Ap do solo sob cultura anual obtido por via úmida, de 1,25808 mm se encontra dentro dos limites satisfatórios de estabilidade, segundo Baver et al. (1973).

Como o teor de argila e o grau de flocculação da fração argila são iguais para o horizonte Ap dos solos sob pastagem e cultura anual, 90 g.kg⁻¹ e 33 %, respectivamente, e o de matéria orgânica são próximos e o DMPA obtido por via seca que é influenciado pelo teor de argila, provavelmente o tamisamento a seco mostrou o efeito do uso e manejo, uma vez que, o DMPA do horizonte Ap do solo sob pastagem é 0,66748 mm e o DMPA do horizonte Ap do solo sob cultura anual é 0,32468 mm, menor que 0,5 mm.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa, nas condições existentes e com a metodologia utilizada permitem as seguintes conclusões:

A descrição geral e morfológica, os resultados analíticos físicos e químicos dos horizontes dos perfis de solo permitiram classificar os solos estudados em: PVA_d – ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico arênico A chernozêmico textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 1, sob floresta); PVE – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abruptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 2, sob pastagem) e PVD – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 3, sob cultura anual);

O teor de matéria orgânica do horizonte A, em relação ao solo sob floresta é 64 % menor no solo sob pastagem e 79 % menor no solo sob cultura anual e este em relação ao solo sob pastagem é 43 % menor;

O teor e o grau de flocculação da fração argila do horizonte A, em relação ao solo sob floresta é, respectivamente, 31 % e 39 % menor nos solos sob pastagem e cultura anual;

O diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca (S) e úmida (U), do horizonte A e o valor médio para os solos decrescem na seguinte seqüência:

PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual, respectivamente, com os valores 1,33560 e 1,445496 (S), 2,81114 e 2,351380 (U); 0,66748 e 1,011830 (S), 2,79642 e 1,624250 (U); 0,32468 e 0,993775 (S), 1,25808 e 0,983135 mm (U);

O diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por via seca (S) e úmida (U), do horizonte A, respectivamente, em relação à floresta diminuiu 50 % e 1 % no solo sob pastagem e 76 % e 55 % no solo sob cultura anual e este em relação à pastagem é 51 % e 55 % menor, indicando que a pastagem está melhorando as condições físicas do solo;

Tanto o método por via seca quanto por via úmida, utilizados para obter o DMPA, são adequados para mostrar o efeito do uso e manejo do solo;

A matéria orgânica dá mais estabilidade aos agregados submetidos ao tamisamento a úmido, e o teor argila ao tamisamento a seco;

O DMPA de 0,32468 mm obtido por via seca para o horizonte Ap do solo sob cultura anual mostrou o efeito do uso e manejo do solo em relação ao DMPA obtido por via úmida;

O DMPA obtido por via seca e úmida, estatisticamente são diferentes para todos os horizontes dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual, podendo ser recomendados para objetivos específicos;

O DMPA obtido por via seca e úmida mostram a influência das características físicas e químicas dos horizontes dos perfis de solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente.** Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1972. 339p.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. 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. 115-9, jan./abr. 1995.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 24, n. 1, p. 141-151, 2000.

AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo.** 2.ed. São Paulo: Nobel, 1978. 120p.

ANGULO, R. J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 8, n. 1, p. 7-12, jan./abr. 1984.

ALVARENGA, R. C. et al. Estabilidade de agregados de um latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 10, n. 3, p. 273-7, set./dez. 1986.

ASSIS, R. L., BAHIA, V. G. Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte. v. 19, n.191, p. 71-8, 1998.

BARBOSA, Z.; BAHIA, V. G.; PAULA, M. B. Atuação da biota do solo na formação e estabilização de agregados e na estruturação dos solos, influenciando o controle da erosão. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 59-65, 1998.

BASTOS, R. S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciado por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 29, n. 1, p. 21-31, jan./fev. 2005.

- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Estructura del suelo. Evaluación e importancia en la agricultura. In: BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de Suelos**. México: Editorial Hispano-Americana, p. 189-241, 1973.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 5, p. 779-786, mai, 1998.
- BERTOL, I. et al. Erosão hídrica em latossolo roxo submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000a, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 2000a. 1 CD-ROM.
- BERTOL, I. et al. Fator c da usle num latossolo roxo submetido a diferentes preparos e cultivos do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 13., 2000b. Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 2000b. 1 CD-ROM.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, jul./set. 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator c para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 545-552, abr./jun. 2002.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 368p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BEUTLER, A. N. et al. 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**. Campinas, v. 25, n. 1, p. 129-136, jan./mar. 2001.
- BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no oeste paulista**: uma análise climatológica aplicada. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.
- BREWER, R.; SLEEMAN, J. R. Soil structure and fabric: Their definition and description. **Yorn. Soil Sci**, v.11, n.1, p.172-85, 1960.
- BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647p.
- CAMARGO, M. N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J. H. **Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil**. 3. ed. Campinas: SBCS, 1986. 24p.
- 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. 3, n. 14, p.99-105, 1990.

- CARVALHO, E. J. M.; FIGUEIREDO, M. S.; COSTA, L. M. Comportamento físico-hídrico de um podzólico vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 257-265, fev. 1999.
- CARVALHO, W. A.; FREIRE, O.; RENNÓ, C. D. Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio. **Boletim Científico: FCT/UNESP. Presidente Prudente**, v. 1/2 n. 2, 1997. 470p. (2. ed. Rev. Atual., 2005) – (no prelo).
- CARVALHO, W. A.; ACHÁ, L. P. **Levantamento semidetalhado dos solos da microbacia do rio Platina-município de Anhumas-SP**, 2005 (no prelo).
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOCHI, 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**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 527-538, jul./set. 1998.
- CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, set./out. 2001.
- CINTRA, F. L. D. **Caracterização do impedimento mecânico em latossolo do Rio Grande do Sul**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1980.
- CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um latossolo vermelho-amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, fev. 2002.
- CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistema 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, fev. 1999.
- CRUZ, J. C. et al. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, 2001.
- D'ANDRÉA, A. F. et al. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 1047-1054, out./dez. 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Análise de solo, tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretações de resultados, informações técnicas**. 5. ed. Curitiba, n. 31, 1998, 64p.
- ESTADOS UNIDOS. Soil taxonomy: a basic system of soil classification formaking and interpreting soil surveys. Washington, 1975. 754p. (**Handbook, 436**).
- FREIRE, O. **Agregação de solos**. 103 f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1967.

- FREITAS, P. L.; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. C. A crise da energia e a degradação dos recursos naturais: solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo** - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v. 26, n. 4, p. 7-9, out/dez. 2001.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. São Paulo, 1974. Escala 1:50.000.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de São Paulo 1960**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1960. 116p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário de São Paulo 1995/6**. Rio de Janeiro: FIBGE, n.19, 1998. 383p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem populacional de São Paulo 1996**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1996. 185p.
- GOMAR, E. P. et al. Atributos do solo e biomassa radicular após quatro anos de semeadura direta de forrageiras de estação fria em campo natural dessecado com herbicidas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n.1, p. 211-223, jan./mar. 2002.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, 1987. 467p.
- GROHMANN, F. Estrutura. In: MONIZ, A. C. (Org.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 102-110.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981a. v.2, p.6; 7; 21; 70-72. Escala 1:1000.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1981b. v.1, p. 46-8; 69. Escala 1:500.000.
- JORGE, A. J. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328p.
- KEMPER, W. D. Aggregate stability. In: BLACK, C. A. et al. **Methods of soil analysis – physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy. p. 511-619, 1965.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. et al. **Methods of soil analysis – physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy. p. 499-510, 1965.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26, n. 4, p. 857-867, out./dez. 2002.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n.1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

- KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p.10-17, maio/jun. 2001.
- LEITE, J. F. **A Alta Sorocabana e o espaço polarizado de Presidente Prudente**. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia/Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1972.
- LEME, R. C. B. **As transformações históricas da paisagem na micro-bacia do ribeirão dos Guachos-Oeste Paulista**. 238 f. Dissertação (Mestrado em Geografia/Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1999.
- LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4. ed. Campinas: SBCS. 2002. 83p.
- LIMA, C. L. R. et al. Estabilidade de agregados de um planossolo sob diferente sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 199-205, jan./fev. 2003.
- MACHADO, J. A.; BRUM, A. C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Campinas, v. 2, p. 81-4, 1978.
- MACHADO, J. A.; PAULA, S. D. M.; BRUM, A. C. R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 187-189, 1981.
- MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.
- MORAIS, L. F. B., COGO, N. P. Comprimidos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um argissolo vermelho da Depressão Central (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n.3, p. 1041-1051, out./dez. 2001.
- MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**: estudo em forma de atlas. São Paulo: USP, 1973.
- OLMOS, I. L. J. **Bases para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1983, 91p.
- OLIVEIRA, B. **Processos pedogenéticos**: elementos de pedologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. p.325-34. 1975.
- OLIVEIRA, G. C.; et al. 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, fev. 2003.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: EMBRAPA, 1999. 64p.

- OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J. C. Influência do cultivo na agregação de um podzólico vermelho-amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 7, n. 3, p. 317-322, set./dez. 1983
- OMETTO, J. C. Climatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 1981, 413p.
- PALADINI, F. L. S. **Distribuição de tamanho de agregados em solos podzólicos vermelho escuro afetado por sistema de culturas**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.
- PALMEIRA, P. R. T. et al. Agregação de um latossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 189-195, abr./jun. 1999.
- PAULA, M. B. et al. Efeitos do manejo dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 66-70, 1998.
- PEREIRA, A. L. **Efeito de níveis de cobertura do solo sobre o manejo da irrigação, a produtividade, a temperatura do solo e o crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no sistema de plantio direto**. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000b.
- PEREIRA, J. P. G. **Influência energética entre três sistemas de preparo de solo em diferentes épocas na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000a.
- PERUSI, M. C. **Alterações antrópicas de argissolos decorrentes do uso e manejo e reflexos na densidade demográfica do município de Anhumas-SP**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- PERUSI, M. C.; CARVALHO, W. A. Estrutura agrícola e os deslocamentos populacionais no município de Anhumas-SP. **Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 17, n. 2, p. 18-32, 2002.
- PERUSI, M. C.; CARVALHO, W. A. Alteração da estabilidade de agregados de argissolos decorrente do uso e manejo no município de Anhumas-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29. 2003. Ribeirão Preto-SP. **Resumos...**Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD Rom, p. 1-7.
- PONTES, J. R. V. **Implantação da cultura da soja em diferentes métodos de manejo do solo**. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 345p.
- QUEIRÓZ NETO, J. P.; GROHMANN, F.; OLIVEIRA, J. B. Características analíticas dos agregados dos solos terra-roxa (latossolo roxo) e massapé (podzólico vermelho amarelo-orto). **Bragantia**, v. 25, n. 11, p. 457-76, 1966.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 92-9, jan./fev. 2001.

SANTANNA NETO, J. L.; BARRIOS, N. A. Z. Variabilidade e tendências das chuvas na região de Presidente Prudente. **Revista de Geografia**, São Paulo, v. 11, p. 63-76, 1992.

SARQUIS, S. **Modificações antrópicas do solo**: influência na dinâmica econômica e populacional do município de Martinópolis. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia/Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1996.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT. User's guide, version 6,12**. Cary, 1996, 956p.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 427-436, abr./jun. 2000.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, M. J. Comportamento de um latossolo roxo distrófico, compactado pelas rodas de um trator na semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 10, p. 1285-93, 1984.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, jan./mar. 1997.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 311-7, abr./jun. 1998.

SILVA, J. R. C.; CARVALHO, R. J. T. Métodos de determinação do salpico e influência da cobertura do solo em condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 473-481, abr./jun. 2002.

SILVA, M. L. N. et al. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, jan. 1998.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, dez. 2000.

SILVEIRA, H. **Modificações resultantes da ação antrópica no solo – uso manejo e reflexos no meio rural do município de Cidade Gaúcha-Pr**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia/Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.

SILVEIRA, H. **Modificações na estrutura e no comportamento hidrofísico de latossolos provocados pelo uso e manejo no município de Cidade Gaúcha-Paraná**. 97 f. Tese (Doutorado em Ciência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

SOIL SURVEY STAFF – **Soil survey manual**. Washington, D.C, 1951. 502p. (Handbook, 18)

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance climatology. *Centeton*, v. 8, n. 1, p. 1-86, 1955.

VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Cobertura do solo em uma rotação de culturas de três anos em três sistemas de preparo do solo. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 1, Lages, SBCS, 9 e 10 de outubro de 1996...**Resumos**. Lages, SC: SBCS, 1996. p. 136-138.

VEIGA, M.; PANDOLFO, C. M.; WILDNER, L. P. Aspectos técnicos e econômicos da erosão em um solo do Oeste Catarinense, **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 11, n. 3, p. 23-28, set. 1998.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências de Solo**, Campinas, v. 28, n. 5, p. 891-900, set./out. 2004.

WUTKE, E. B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 621-633, jul./set. 2000.

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**, New York, v. 28, n. 5, p. 337-351, may. 1936.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)