

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Paracar

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Marcia Ribeiro Fernandes e aprovada pela Comissão Julgadora em 12 de março de 1993. Campinas, 20 de julho de 1993.

[Assinatura]

Presidente da Banca

ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA DE LATOSSOLOS ARGILOSOS SUBMETIDOS AO
USO AGRÍCOLA

por Eng^o Agro^o Marcia Ribeiro Fernandes
sob orientação do Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia Agrícola como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Engenharia
Agrícola, área de concentração Água
e Solos.

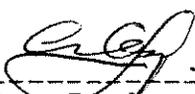
CAMPINAS
1993

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

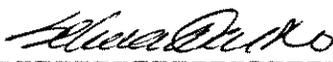
ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA DE LATOSSOLOS ARGILOSOS
SUBMETIDOS AO USO AGRÍCOLA

Eng^{na} Agro^{na} Márcia Ribeiro Fernandes

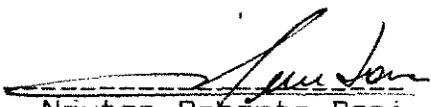
Aprovado em 12 de Março de 1993



Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola



Profa. Dra. Selma Simões de Castro



Prof. Dr. Newton Roberto Boni

*Este trabalho é dedicado com amor
à minha mãe, meu irmão e meu marido André*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola, por ter me aceito como orientanda, pela compreensão e confiança na realização deste trabalho.

Aos Profs. Drs. Archimedes Peres Filho e Newton Roberto Boni, do meu comitê de orientação, por toda atenção durante o curso e na realização deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, que, através de seus professores e funcionários, ampliou minha visão do universo agrícola.

Ao CNPq e a FAEP, pelo apoio financeiro.

Às secretárias Célia, Suzely, Ana Paula e Val e a laboratorista Célia Gonçalves, por toda atenção e carinho com que sempre trataram todos os alunos da FEAGRI.

Ao pessoal do LABIN, em especial ao Clóvis e a Kellen, sempre dispostos a ajudar na utilização dos microcomputadores.

Ao pessoal do Campo Experimental, cujos funcionários colaboraram de maneira insubstituível nos trabalhos de coleta de amostras e testes de campo, com carinho e boa vontade.

À chefia do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, na pessoa do Dr. Idarê Azevedo Gomes e também ao Dr. Washington de Oliveira Barreto, coordenador da área de laboratórios, que tão gentilmente ofereceram os serviços dessa empresa para facilitar a execução do presente trabalho.

À pesquisadora Mariza Nascimento Duarte pela colaboração valiosa na discussão dos resultados, pela ajuda na descrição das lâminas, pela orientação, por toda atenção, carinho, paciência e amizade.

Aos pesquisadores do setor de mineralogia do SNLCS, Paulo Cardoso de Lima e Evanda Maria Rodrigues, e ao técnico de laboratório Clímaco Miguel Augusto, que além de toda orientação técnica, acompanharam meu trabalho com muito carinho e dedicação.

À pesquisadora Therezinha da Costa Lima, que me apresentou todo o Serviço de Solos e se preocupou em facilitar meu trabalho.

Ao pesquisador José Lopes de Paula, do Laboratório de Física de Solos do SNLCS, e todos os demais funcionários, pelas análises e colaboração na interpretação dos resultados.

Ao pesquisador Wilson Santanna de Araujo, do Laboratório de Química de Solos do SNLCS, e todos os demais funcionários, pelas análises e colaboração na interpretação dos resultados.

Ao pesquisador Daniel Vidal Perez pela colaboração na interpretação dos resultados.

Aos pesquisadores Klaus Peter Wittern e Enio Fraga da Silva, da Coordenadoria Regional Sudeste do SNLCS, pela ajuda na classificação dos solos estudados.

Ao pesquisador Francesco Palmieri pela ajuda na revisão da descrição e classificação dos solos e discussão dos dados.

As bibliotecárias Maria da Penha Delaia e Léa Marques de Lima, e aos funcionários Célia Gonçalves Fernandes, Neyde Gomes Lopes da Silva, Conceição Magarinho San Miguel e Antonio Marcus C. da Silva, por terem facilitado todo o trabalho de revisão bibliográfica, pelo auxílio na redação das referências bibliográficas, pela cessão do microcomputador para redação do texto da tese e por toda paciência, atenção e carinho.

Ao analista de sistemas Ronaldo Pereira de Oliveira, e também à Jacqueline Silva R. Matos, do Setor de Informática, pela cessão do microcomputador, pelo auxílio, por toda paciência e carinho.

Ao desenhista Mario Diamante Aglio, pelos desenhos tão caprichados.

A todos os demais funcionários do SNLCS, que sempre me receberam com muita boa vontade e carinho e que se tornaram meus amigos.

Ao CENA/USP, na pessoa do pesquisador Dr. Carlos Clemente Cerri, a todo pessoal de laboratório e a secretária Mara, pelas análises do material orgânico do solo e por toda atenção com que me receberam.

A UNESP, Campus de Ilha Solteira, na pessoa do Prof. Dr. Francisco Fernandes, pelas análises do complexo sortivo e de reação do solo.

Aos pesquisadores do Instituto Agronômico de Campinas, Dr. Igo Fernando Lepsch e Dr. João Bertoldo de Oliveira, pela colaboração na discussão dos dados, empréstimo de literatura e toda atenção.

À amiga Silmara, que sempre esteve presente com carinho, por toda atenção e estímulo.

A todos os amigos do curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, que sempre tornaram mais leve e

agradável a convivência pelo seu carinho e bom humor. Em especial a Afonso e sua esposa Aninha, ao Dudu, à Herta, à Mônica, ao Jean, ao André, ao Zé Luiz, à Valéria, à Keila e ao Lilles.

Aos amigos Adriana e Ednaldo, bons bichos, que colaboraram todo o tempo na coleta das amostras no campo e na realização do teste de infiltração, bem como na discussão dos resultados, com muito carinho e boa vontade.

À amiga Lezir Montes Ferreira, pela colaboração na interpretação dos dados de fracionamento do material orgânico e por todo carinho.

Aos amigos queridos Irineuzinho e Renatinho, que entendi serem meus irmãos logo no primeiro contato.

Às vovós Olga e Nina, às tias Célia e Lúcia, a Ruth e Norberto e à Penha, por terem me recebido com muito amor.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	iv
SUMÁRIO.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xvii
RESUMO.....	xx
<hr/>	
ABSTRACT.....	xxii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Características de estrutura de latossolos argilosos.....	03
2.1.1. Macroestrutura.....	05
2.1.2. Microestrutura.....	09
2.2. Infiltração.....	13
2.3. Aspectos ligados à agregação do solo.....	16
2.3.1. Considerações gerais.....	16
2.3.2. Argila dispersa em água e grau de floculação.....	25

2.3.3.Pseudopartículas texturais.....	29
2.4.Densidade.....	31
2.4.1.Densidade global.....	31
2.4.2.Densidade das partículas.....	36
2.5.Porosidade total, macro e microporosidade.....	39
2.6.Matéria orgânica do solo.....	45
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1.Localização e características da área de estudo.....	49
3.2.Solo e amostragem.....	54
3.3.Características e propriedades físicas estudadas.....	57
3.3.1.Microestrutura.....	57
3.3.2.Infiltração.....	58
3.3.3.Análise granulométrica.....	59
3.3.3.1.Determinação de areia, silte e argila	59
3.3.3.2.Argila dispersa em água e grau de flocculação.....	60
3.3.3.3.Pseudopartículas texturais.....	60
3.3.4. Peneiramento em água.....	61
3.3.5.Densidade.....	62
3.3.5.1.Densidade glogal.....	62
3.3.5.2.Densidade das partículas.....	62
3.3.6.Porosidade total.....	63
3.3.6.1.Porosidade total calculada.....	63

3.3.6.2.Porosidade total determinada.....	63
3.3.7.Macro e microporosidade.....	64
3.3.8.Fracionamento granulométrico da matéria orgânica.....	65
3.3.9.Carbono via seca.....	65
3.3.10.Análises químicas.....	66
3.3.10.1.Ataque sulfúrico.....	66
3.3.10.2..Reação do solo.....	66
3.3.10.3.Complexo sortivo.....	66
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1.Classificação do solo.....	67
4.2.Macroestrutura.....	69
4.3.Microestrutura.....	73
4.4.Infiltração.....	84
4.5.Argila dispersa em água e grau de floculação	90
4.6.Pseudopartículas texturais.....	95
4.7.Estabilidade de agregados em água.....	97
4.8.Densidade.....	102
4.8.1.Densidade global.....	102
4.8.2.Densidade das partículas.....	109
4.9.Porosidade total, macro e microporosidade.....	113
4.10.Matéria orgânica do solo.....	122
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
6.CONCLUSÕES.....	129
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132

APÊNDICE 1: Descrição micromorfológica das	
secções delgadas	143
Glossário de termos micromorfológicos.....	164
APÊNDICE 2: Resultados de análises de	
estabilidade de agregados em água, expressos em	
diâmetro médio ponderado de duas subamostras	
e coeficiente de variação entre elas.....	173
APÊNDICE 3: Resultados granulométricos.....	180
Resultados químicos.....	181
Resultados de ataque sulfúrico.....	182
Designação, profundidade e transição entre	
horizontes.....	183
Coloração dos solos (Munsell).....	184
Textura e estrutura dos solos.....	185
Consistência dos solos.....	186

Fig. 1 - Situação geográfica do município de Campinas, São Paulo e localização da área em estudo na Quadrícula de Campinas.....	50
Fig. 2 - Mapa planialtimétrico da área de estudo e localização dos quatro perfis estudados.....	51
Fig. 3 - Mapa de solos da região de Campinas (OLIVEIRA et al., 1979) e localização da área de estudo.....	55
Fig. 4 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (12-32 cm) do perfil 3 (soja), mostrando micropeds preenchendo um pedotubo, cujas paredes encontram-se muito adensadas	74
Fig. 5 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (23-33 cm) do perfil 2 (soja), mostrando plasma contínuo e grãos	76
Fig. 6 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (15-25 cm) do perfil 3 (soja), mostrando plasma contínuo, grãos e carvão	76
Fig. 7 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (17-27 cm) do perfil 4 (abacate), mostrando plasma contínuo, grãos e carvão.....	77

fig. 8 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (27-37 cm) do perfil 1 (mata), mostrando estrutura característica de Latossolo Vermelho Escuro, com agregados bem distintos e poros grandes	77
Fig. 9 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (20-45 cm) do perfil 1 (mata), mostrando corte transversal de tecido vegetal com micropeds individualizados ao redor.....	79
Fig. 10 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B21 (55-65 cm) do perfil 1 (mata), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos	82
Fig. 11 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (107-117 cm) do perfil 2 (soja), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos	82
Fig. 12 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (110-120 cm) do perfil 3 (soja), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos	83

Fig. 13 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (112-122 cm) do perfil 4 (abacate), mostrando o interior de um pedotubo, preenchido por micropeds individualizados. Esta estrutura foi considerada típica dada sua abrangência	83
Fig. 14 - Comportamento da infiltração, para carga hidráulica de 3 cm, nos horizontes A (Ap) e AB dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4).....	86
Fig. 15 - Comportamento da infiltração, para carga hidráulica de 6 cm, nos horizontes A (Ap) e AB dos perfis Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4).....	87
Fig. 16 - Comportamento do grau de floculação nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	92
Fig. 17 - Comportamento da densidade global nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	104
Fig. 18 - Comportamento da densidade de partículas nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	112

Fig. 19 - Comportamento da porosidade total determinada nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	115
Fig. 20 - Comportamento da macroporosidade nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	120
Fig. 21 - Comportamento da microporosidade nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	121

Tab. 1 - Resultados do teste de infiltração (mm/min) de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4) (média de 4 determinações).....	84
Tab. 2 - Valores percentuais de argila dispersa em água, grau de floculação percentual e porcentagem de matéria orgânica de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	91
Tab. 3 - Valores de análise granulométrica utilizando hidróxido de sódio e ácido clorídrico a 50% como dispersantes e a diferença em valores absolutos entre esses tratamentos.....	96
Tab. 4 - Valores de diâmetro médio ponderado e geométrico de agregados de solo e coeficiente de variação de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4).....	99
Tab. 5 - Valores de porcentagem de agregados estáveis em água maiores e menores do que 2 mm, de um mesmo solo (Latossolo Vermelho Escuro) sob mata (perfil 1) e sob cultivo convencional de soja (perfil 2).....	101

Tab. 6 - Valores de densidade global de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	103
Tab. 7 - Valores de densidade de partículas, porcentagem de matéria orgânica e porcentagem de ferro obtido por ataque sulfúrico de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	111
Tab. 8 - Valores de porosidade total determinada e porosidade total calculada de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	114
Tab. 9 - Valores de macro e microporosidade de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	119
Tab. 10 - Frações orgânicas (FO), minerais (FM) e organominerais (FOM) em porcentagem de peso, valores de porcentagem de carbono via seca, de porcentagem de matéria orgânica (MO) e de porcentagem de FOM < 50 m em 100 g de TFSA de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).....	123
Tab. 11 - Resultados granulométricos.....	180
Tab. 12 - Resultados químicos.....	181
Tab. 13 - Resultados de ataque sulfúrico.....	182

Tab. 14 - Designação, profundidade e transição entre horizontes.....	183
Tab. 15 - Coloração dos solos (Munsell).....	184
Tab. 16 - Textura e estrutura dos solos.....	185
Tab. 17 - Consistência dos solos.....	186

RESUMO

A pesquisa em Ciência do solo vem acumulando resultados que despertam o questionamento relativo aos efeitos do cultivo convencional dos solos, pois indicam alterações em sua estrutura e conseqüentemente na produção agrícola.

Este trabalho teve por objetivo estudar alterações em algumas características físicas de Latossolos argilosos, do município de Campinas, São Paulo, quando submetidos a dois tipos de manejo: cultivo convencional intensivo de soja e cultivo perene (abacate), comparando-os a um solo contíguo sob mata natural, ou seja, aquele cuja estrutura não sofreu alterações antropogênicas. Em perfis desses solos foram caracterizados os seguintes parâmetros: a) características macro e micromorfológicas, com enfoque especial na estrutura; b) análise de agregados do solo (peneiramento em água, pseudopartículas texturais, argila dispersa em água e grau de floculação); c) matéria orgânica do solo; d) infiltração; e) porosidade total, macro e microporosidade; f) densidade global e g) densidade das partículas.

Foi possível verificar que o cultivo convencional provocou uma degradação da estrutura, caracterizada como compactação, tendo sido observados efeitos mais pronunciados nos primeiros horizontes dos solos em questão (até uma profundidade aproximada de 40 cm), pelos valores elevados de densidade global e de microporosidade e reduzidos de porosidade total, macroporosidade, matéria orgânica e infiltração. A agregação nos horizontes superiores do solo mostrou-se muito susceptível à ação do cultivo convencional.

Dentre os solos estudados, os perfis 2, Latossolo Vermelho Escuro, e 3, Latossolo Roxo, cultivados intensivamente com soja, apresentaram comportamentos distintos, que parecem estar relacionados à características inerentes ao tipo de solo, como teores de ferro total, de argila e também porcentagem de matéria orgânica. O Latossolo Roxo apresentou esses teores mais elevados, o que parece ter assegurado sua maior estabilidade estrutural.

ABSTRACT

The research in soil science has shown results which arise questions about the effect of conventional cultivation in the soil structure and therefore in its productivity.

This work aimed the study of changes in some physical properties of Dark Red and Roxo Latosols from Campinas, São Paulo, Brazil, when submitted to two different kinds of agricultural systems: an annual tillage and a lifelong cultivation, compared with an undisturbed soil. One profile under natural forest, two under a soy bean crop and one under an avocado crop were studied based on the following parameters: a) macro and micromorphologic characteristics with special focus on soil structure; b) aggregate size fractionation (water stability, pseudoparticles, water dispersible clay and flocculation index); c) soil organic matter; d) infiltration rate; e) total, macro and microporosity; f) global density and g) particle density.

The analysis of the experimental data showed that the annual tillage affected the physical properties of the soil resulting in its structural decay, characterized as

compactation, specially in the two upper layers (40 cm depth).

This fact was reflected by the high values of global density, microporosity and low values of total and macro porosity, organic matter and infiltration rate.

Among the studied soils, profiles 2, Dark Red Latosol, and 3, Roxo Latosol, intensively cultivated with soybean, showed distinct behavior due to inherent characteristics of the type of soil such as total iron, clay and organic matter amounts. The Roxo Latosol presented higher contents of the compounds above, which give it more structural stability.

1. INTRODUÇÃO

O solo, como substrato para o desenvolvimento de plantas e por abrigar em seu interior uma infinidade de seres animais e vegetais responsáveis por sua reciclagem bioquímica, deve apresentar condições de nutrição, aeração e umidade que permitam a sobrevivência dos mesmos.

A estrutura do solo, em cujo conceito BREWER (1976) considera o tamanho e o arranjo de suas partículas e poros, é considerada como um de seus mais importantes atributos, do ponto de vista agrícola, por tornar acessível às plantas, à fauna e à flora do solo o ar, a água e os nutrientes.

Dentre os diversos aspectos do solo, a estrutura é dos mais susceptíveis a modificações impostas por seu uso e manejo. Certamente, a intensidade dessas modificações depende, sobretudo, de características da utilização e da composição do solo.

É importante que a conformação estrutural desejável, isto é, aquela capaz de propiciar adequado suprimento de ar, água e nutrientes, seja estável à ação da

água. O rompimento desse arranjo estrutural altera as condições de aeração e umidade, podendo afetar, pois, a atividade microbiana, o desenvolvimento vegetal e, mesmo, todo o comportamento da cobertura pedológica.

Neste trabalho pretende-se identificar modificações estruturais impostas a solos originalmente recobertos por mata natural, ora submetidos a usos e manejos agrícolas intensivos, utilizando-se de observações de campo (diretas e indiretas) e de laboratório.

Pela dificuldade de caracterizar diretamente a estrutura do solo, serão considerados atributos a ela relacionados, dentre os quais: densidade (global e de partículas), porosidade (total, macro e micro), infiltração, aspectos granulométricos, matéria orgânica (fracionamento físico), além de análises específicas mais diretamente ligadas à estrutura, como a de microestrutura, a estabilidade de agregados, argila dispersa em água, grau de floculação e pseudopartículas texturais.

Para tal, foi escolhida uma área próxima à Universidade Estadual de Campinas, constituída por latossolos argilosos, apresentando uma contiguidade de mata natural, onde o solo apresenta estrutura natural, e de usos agrícolas intensivos (anual- com soja e perene-com abacate). Esses solos encontram-se amplamente distribuídos na região e em diversas regiões brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS DE ESTRUTURA DE LATOSSOLOS ARGILOSOS

Segundo OLIVEIRA & MENK (1984) os Latossolos Roxos apresentam, no horizonte A, estrutura de difícil identificação, posto que, por serem solos muito cultivados, apresentam-se bastante alterados, sendo encontrados com frequência blocos de tamanhos variados. Os autores descrevem a estrutura do horizonte B2 desses solos como apédica, por apresentarem comumente uma distribuição de agregados de tal tamanho e arranjo que a aparência macroscópica é de uma massa isenta de superfícies de fraqueza delimitantes de unidades estruturais. OLIVEIRA et al. (1979), porém, afirmam que a presença de horizontes B com estrutura subangular média moderada ou fraca é comum.

MORAES (1984) descreve estrutura fraca muito pequena a pequena granular para os horizontes Ap, A3 e B1 e maciça para os horizontes B21, B22 e B3, tendo sido observada também a ocorrência de estrutura maciça desde o horizonte B1.

RANDO (1981), descrevendo morfologicamente um Latossolo Roxo de Lavras, Minas Gerais, observou, de modo geral, uma estrutura moderada pequena média e grande granular para o horizonte A11, moderada pequena média e grande para o A12 e moderada pequena e média, com aspecto de maciça porosa para o A3. No horizonte B, a estrutura varia de moderada a fraca muito pequena pequena e média granular, com acentuado aspecto de maciça porosa. Todo o perfil mostra-se muito poroso, com poros pequenos a grandes nos horizontes A11 e A12 e muito pequenos nos demais horizontes.

Entretanto, a EMBRAPA (1988) descreve a estrutura do horizonte B latossólico como fortemente desenvolvida muito pequena a pequena granular, ou ainda fraca e, mais raramente, de desenvolvimento moderado, quando se tratar de estrutura em blocos subangulares.

2.1.1. MACROESTRUTURA

O termo estrutura do solo tem sido definido por vários autores (KOHNEKE, 1968; HILLEL, 1971; RUSSELL, 1973; BREWER, 1976) e um dos conceitos mais difundidos e aceitos é o de BAVER et al. (1972), relativo ao arranjo de partículas primárias e secundárias num certo modelo que inclui a presença de espaços porosos. Entende-se por partículas primárias aquelas granulometricamente distintas: a areia, o silte e a argila, enquanto que as partículas chamadas secundárias são formadas pela união de partículas primárias em agregados ou elementos estruturais.

A essa definição pode ser acrescentado que as partículas compostas ou secundárias têm propriedades distintas daquelas sem agregação (USDA, 1957).

Este conceito de estrutura é correlacionado ao de "soil fabric", um termo adaptado da Petrologia por KUBIENA (1938) e adotado por BREWER & SLEEMAN (1960), para caracterizar o arranjo dos componentes do solo. O termo é especialmente empregado nos estudos de micromorfologia.

GAVANDE (1976) diz que essa definição não é suficientemente específica para descrever o significado de estrutura, do ponto de vista do crescimento das plantas. Para tal, afirma o autor, o termo "capacidade estrutural do solo" é o mais adequado, e é definido como sua capacidade de formar torrões espontaneamente, e de estes dividirem-se em pequenos

pedaços, chamados grãos ou agregados, sem a intervenção humana. Cita o agregado granular, ou seja, aquele de formato arredondado, como o mais importante na produção vegetal, sendo a estrutura granular a que este autor considera a mais conveniente.

Posto que a estrutura do solo propicia condições essenciais ao desenvolvimento vegetal, como disponibilidade de água e minerais, aeração, temperatura do solo, atividade da fauna e flora do solo e crescimento de raízes, a sua alteração provoca modificações nas relações solo-planta, afetando o crescimento das culturas e a produtividade agrícola (MARTIN, 1945, 1946; GROHMANN, 1960; TISDALL & DADES, 1980; DADES, 1984; FORTUN & FORTUN, 1989).

Segundo ANDERSON & BROWNING (1949), as alterações sofridas por um solo virgem, quando de sua mobilização, mostram que o cultivo tem um efeito adverso nas propriedades do solo que estão associadas às boas produções agrícolas, como também afirmam SKIDMORE et al. (1975).

LAWS & EVANS (1949) comentam que o termo estrutura do solo é descritivo e que não é passível de ser expresso por nenhuma medida ou número específico. Sugerem, então, que medidas de algumas propriedades físicas do solo intimamente relacionadas à estrutura possam ser usadas como um indicativo desta.

LOW (1972) considera que medidas mais diretas, como tamanho e formato de agregados, bem como do espaço entre eles (caracterizando um estudo tridimensional do solo), embora possam ser efetuadas, são de difícil execução. Devido a tais dificuldades, o autor sugere análises laboratoriais, citando a metodologia desenvolvida por Kubiena, que permite quantificar alterações na estrutura a partir de secções delgadas de solos, em exames minuciosos ao microscópio.

Análise de agregados (em relação à sua estabilidade e distribuição por tamanho), determinação da porcentagem de macro e microporos e da porosidade total (LOW, op.cit.; KOHNKE, 1968), medidas de densidade aparente (OLIVEIRA et al., 1968 e GAVANDE, 1976) e observações micromorfológicas (BAVER et al., op.cit.; KOHNKE, op.cit. e BREWER, 1976), são técnicas que podem ser usadas no sentido de avaliar possíveis alterações estruturais. Essas medidas refletem a relação entre sólidos e vazios em um dado momento, o que representaria, em outras palavras, uma certa quantificação da estrutura do solo (RANDO, 1981). As análises granulométricas e o teor de matéria orgânica também são úteis para indicar modificações quantitativas de alguns componentes do solo, constituindo subsídios importantes na interpretação dos resultados obtidos nas determinações anteriores (LARSON, 1963 e OLIVEIRA et al., 1968).

Para SANCHEZ (1976), estudos sobre alterações de estrutura antes e depois do cultivo de um solo seriam mais consistentes se realizados primeiramente num solo virgem, submetendo-o, em seguida, à operações agrícolas, analisando as características escolhidas periodicamente.

RANDO (1981) sugere, para análises em curto prazo, que se opte por estudar um solo virgem e outro cultivado, devendo ser ambos bastante semelhantes no que diz respeito ao seu comportamento.

2.1.2. MICROESTRUTURA

BENNEMA et al. (1970), estudando aspectos micromorfológicos de horizontes óxicos no Sul e Sudeste do Brasil, constataram que Oxissolos devem se mostrar muito porosos, de estrutura grumosa e/ou granular, além de não revelar concentrações de argila, por iluviação.

LEPSCH & BUOL (1974) caracterizando solos de uma topossequência no Estado de São Paulo, encontraram, para um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, algumas diferenças entre os horizontes, devidas a tamanho de agregados e morfologia de vazios. O plasma apresentou-se essencialmente como uma massa contínua, onde estão dispersos os grãos do esqueleto. Os agregados primários diferenciaram-se em tamanho e forma, sendo que no horizonte superficial apresentaram-se com diâmetro entre 4,0 e 6,0 mm, como blocos subarredondados; no horizonte B22, o diâmetro dos agregados variou entre 0,4 e 0,6 mm, sendo blocos subarredondados e mamilados. Foi ainda observada uma estrutura plásmica quase que completamente isotrópica, sem qualquer domínio anisotrópico reconhecível. O material do horizonte B mostrou-se muito poroso, com muitos vazios intrapedais.

BUOL & ESWARAN (1977) afirmam que quando um solo atinge o estágio óxico, os minerais primários intemperizáveis não mais estão presentes ou são encontrados como traços, sendo que, entre os restantes, o quartzo é o mais frequente.

Em relação à estrutura plásmica, os autores referem-se a um elevado teor de ferro livre presente (cerca de 20% para solos originados de basalto), e que, na constituição óxica, o ferro livre tende a cimentar a argila em pseudo-silte e pseudo-areia, o que pode conduzir à formação de agregados de 1,0 a 5,0 mm de diâmetro. No campo esta estrutura tem sido descrita como grumosa, granular ou maciça porosa. Esses autores admitem, como características necessárias para classificar um solo como Oxissolo as seguintes: 1 - Qualquer distribuição dos grãos em relação ao plasma, exceto "granitic" (composta basicamente de grãos) ou "phyric" (massa plásmica compacta, com grãos dispersos), em geral sendo "agglutinic" (microagregados arredondados e subarredondados); 2 - A estrutura do plasma deve ser insépica (pequenos domínios pontuais de argila orientada) ou isótica (sem argila orientada); 3 - Possuir apenas traços de minerais facilmente intemperizáveis; 4 - Possuir apenas traços de argila orientada.

LIMA (1985), descrevendo horizontes B de latossolos do Sudeste e Sul do Brasil, observou a ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis, predominando o quartzo entre os grãos minerais. Argilãs de iluviação foram observados em porcentagem insignificante, ou ausentes. Também nódulos ferruginosos e/ou gibbsíticos ou não foram observados. Separações plásmicas, de fraca e média

birrefringência, foram observadas em torno dos microagregados.

KERTZMAN (1989), estudando Latossolos Roxos da região de Guaira, Estado de São Paulo, observou uma distribuição homogênea de grãos de quartzo ao longo do perfil, os quais representam menos de 10% da área total da lâmina delgada e que, junto com as concreções ferruginosas, correspondem ao esqueleto, formando um arranjo porfiroesquelético. Observou ainda um plasma organizado em elementos estruturais subarredondados (os microagregados), de cor vermelha sob luz natural e bruna sob luz polarizada, com orientação do tipo aséptica. O autor não observou qualquer ~~feição pedológica especial e aponta, como variação principal,~~ a organização espacial dos microagregados e da porosidade resultante, para a camada de 0 a 40 cm e para a inferior a 40 cm.

Este pesquisador observa ainda que os horizontes superficiais mostram-se de organização mais densa, com os agregados mais próximos uns dos outros, quando comparados aos subsuperficiais. A porosidade é descrita como nitidamente mais fraca, com poros menores entre os agregados e ausência de canais e cavidades. Para os horizontes inferiores a 40 cm são descritos poros, canais e cavidades frequentes, os dois últimos de secções ovóides correspondentes à sua forma tubular, com paredes bem definidas por uma assembléia mais

densa. Esses poros e canais encontram-se às vezes preenchidos por material microagregado, o que indica uma maior atividade biológica importante.

2.2. INFILTRAÇÃO

Segundo HILLEL (1970), infiltração é o termo aplicado ao processo pelo qual a água penetra no solo.

CINTRA et al. (1983) afirmam que a taxa de infiltração é a característica mais sensível para detectar alterações introduzidas pelo cultivo, sendo determinadas principalmente pelo tamanho e distribuição dos poros, que geralmente são uma função do estado de agregação e da textura dos solos. Afirmam ainda que a taxa inicial de infiltração é afetada também pelo teor de água no solo.

A compactação afeta a taxa de infiltração, sendo a transmissão de água um parâmetro muito sensível à localização de camadas compactadas (WARKETIN, 1971).

MOURA FILHO & BUOL (1972) compararam a taxa de infiltração de três perfis de Latossolo Roxo, um deles em área recentemente desmatada, o outro em área cultivada por 15 anos e o terceiro em uma área sob mata. Esta última apresentou taxa de infiltração alta, porém um pouco inferior à área de derrubada recente, sugerindo que a derrubada, em si, não é responsável por um decréscimo na taxa de infiltração. Na área cultivada, foi possível observar as alterações provocadas pela maquinaria. Nas áreas onde a cobertura original foi retirada, a taxa de infiltração foi maior quando os 12 cm superiores do perfil foram removidos, para fins do experimento, do que quando o teste foi conduzido

na superfície natural do solo. Este fato indica, segundo os autores, que a camada compactada ou "pé de arado" esteve limitando a infiltração.

Uma crosta superficial se forma em solos desprovidos de cobertura vegetal, pela ação de impacto da gota de chuva, que provoca a ruptura dos agregados e a obstrução dos poros do solo pelas partículas dispersas, o que, naturalmente, impede ou diminui a infiltração (BAVER et al., 1972).

Um estudo bastante abrangente sobre variadas operações de cultivo no Havá (Trowse & Baver citados por BAVER et al., op.cit.) mostrou que camadas compactadas são criadas por quase todos os implementos agrícolas, e que todas reduziram a permeabilidade do solo à água.

CINTRA et al. (op.cit.), buscando avaliar o grau de degradação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo, do Rio Grande do Sul, compararam uma área de cultivo convencional de soja-trigo, por 15 anos, com uma área sob mata. Observaram maior taxa de infiltração para o solo sob mata.

Num Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa sob cerrado, cultivado com soja a velocidade de infiltração de água no solo variou conforme a alteração da estrutura, posto que o comportamento hidrodinâmico do solo reflete suas condições físicas. Dessa forma, a velocidade de infiltração

mostrou-se tanto menor quanto maior foi a mobilização
(CENTURION & DEMATTÊ, 1985).

2.3. ASPECTOS LIGADOS À AGREGAÇÃO DO SOLO

2.3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Agregação do solo é um dos mais importantes atributos dos solos a ser considerada pelo pesquisador de cultivo, controle de erosão e outros problemas ligados à Física de Solos (YODER, 1936).

A areia, o silte e a argila são partículas unitárias ou elementares do solo, cujo arranjo determina a estrutura do solo. Agregados são elementos estruturais do solo formados pela união daquelas partículas unitárias. Conseqüentemente, a estrutura de um solo vai depender da intensidade com que essas partículas se acham agregadas (GROHMANN, 1960).

Um solo bem agregado, apresentando unidades estáveis, pode ser satisfatoriamente cultivado, considerando um vasto intervalo de umidade como ideal, em relação àquele pobremente agregado. Tal solo comporta-se, sob cultivo, como se possuísse mais areia do que é mostrado pela análise (ALLISSON, 1973).

DADES (1984) afirma que uma gama desejável de diâmetros de poros, para um solo cultivado, ocorre quando a maior parte da fração argila está floculada em microagregados, definidos como de diâmetro inferior a 250 μ m e secundariamente, esses microagregados e outras partículas

estão unidas em macroagregados, que apresentam diâmetro superior a 250 μ m. A maior parte dos macroagregados deveria apresentar-se com diâmetro no intervalo entre 1,0 mm e 10,0 mm. Boodt, citado por FORTUN & FORTUN (1989), define microagregados como aqueles de diâmetro inferior a 250 μ m, e macroagregados como as estruturas com diâmetro variando entre 250 μ m e 10,0 mm, como também admitem EDWARDS & BREMER (1967).

PRIMAVESI (1987) afirma que a bioestrutura do solo consiste em sua forma grumosa, com grumos de diâmetro entre 0,5 e 2,0 mm, estáveis em água, na camada compreendida entre 0 e 20 cm de profundidade. Esta estrutura, segundo a autora, depende intimamente da matéria orgânica e da vida do solo, pois tanto a micro, a meso e a macrofauna, como as raízes das plantas superiores, influem sobre os grumos. A autora define ainda agregados primários ou de formação química, referindo-se à argila floculada, e agregados secundários, cuja estabilidade depende da presença de matéria orgânica e atividade biológica.

HARRIS et al. (1966) afirmam que diversos constituintes orgânicos e inorgânicos do solo participam da união de partículas do solo em agregados estáveis em água. Polímeros orgânicos, óxidos de ferro e manganês e argila coloidal são citados como exemplos. Segundo esses autores, a importância relativa dessas substâncias agregantes varia

muito e é dependente da condição ambiental sob a qual os agregados são formados. Os óxidos de ferro e de manganês são tidos pelo autor como os mais importantes agentes de estabilização de agregados de subsuperfície, ditos latossólicos, e também de frações menores de agregados de superfície de certos solos. Ligações por substâncias orgânicas, como polissacarídeos de origem microbiana e micélio de fungos, tendem a ser responsáveis predominantemente pela estabilização de agregados da superfície dos solos.

TISDALL & DADES (1982) citam, além do efeito das hifas de fungos, a atividade de raízes na agregação de unidades com diâmetro superior a 2,0 mm principalmente; referem-se também a fibrilas e flagelos de microorganismos que, por se tratarem de seres de menores dimensões, atuam na estabilização de microagregados.

CHESTERS et al. (1957) usaram análise de regressão múltipla para investigar o efeito da argila, óxidos de ferro, matéria orgânica e polissacarídeos na agregação de quatro tipos de solo. Em geral, o mais importante fator foi o polissacarídeo. O efeito da matéria orgânica foi uma função, principalmente, de seu conteúdo em polissacarídeos. O efeito dos argilominerais, por si só, foi mínimo, com exceção para os solos com elevado teor de argila. Os óxidos de ferro

mostraram um acentuado efeito na agregação, com tendência a serem mais ativos na formação de agregados menores.

BATES (1984) afirma que a agregação nas camadas superiores de um solo da Nigéria, sob floresta, foi causada pela matéria orgânica, e que na subsuperfície os óxidos de ferro atuaram marcadamente na agregação.

DADES (1984) refere-se ao efeito de compostos de ferro e alumínio na agregação, encontrando uma boa correlação entre esses componentes e a matéria orgânica, assim como da matéria orgânica com o cálcio, embora outros íons possam estar presentes em menor quantidade, como manganês, zinco e cobre. A atividade do cálcio é observada tanto na ligação de partículas de húmus e de argila, como no estímulo ao crescimento da microflora e fauna do solo.

ALDEFER & MERKLE (1941) verificaram que a aplicação de calcário, que libera cálcio para o solo, parece provocar pouco ou nenhum incremento estrutural no solo, a menos que usado em conjunto com um sistema de manejo que mantenha um bom suprimento de matéria orgânica biologicamente ativa.

MARTIN (1945, 1946) afirma que os microorganismos do solo participam tanto na formação como na estabilização de agregados, e que frequentemente é impossível separar precisamente os dois efeitos.

ALLISSON (1973) observou que o tipo e a quantidade de material orgânico presentes no solo e condições ambientais

afetam marcadamente o número e tipo de microflora e fauna presentes, os quais são responsáveis pelos produtos formados a partir da decomposição da matéria orgânica.

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

Segundo HARRIS et al. (1966), gramíneas e culturas perenes que apresentam extenso sistema radicular, contínuo suprimento de material orgânico e eficiente cobertura do solo melhoram sua agregação. Isto se deve ao fato de que, com adequado suprimento de material orgânico, os organismos do solo dispõem de material tanto como fonte de energia como para síntese de substâncias gomosas de efeito agregante, permitindo crescimento da população microbiana e conseqüente maior atividade biológica, com aumento do número e comprimento de hifas e raízes, aumento das secreções e exudados, o que reflete diretamente na agregação (GAVANDE, 1976; LAL & GREENLAND, 1979; TISDALL & OADES, 1980, dentre outros).

Ainda segundo HARRIS et al. (op.cit.), culturas anuais que deixam poucos resíduos orgânicos no solo requerem

cultivo intenso e propiciam cobertura vegetal mínima, resultando em rápida deterioração do estado de agregação do solo. A deterioração dos agregados na superfície do solo, ou próximo a ela, pode ser acentuada caso haja precipitação e o solo esteja seco. O súbito escape de ar dos agregados, causado pelo rápido umedecimento, pode provocar sua ruptura, e em consequência disso, o efeito de dispersão provocado pelo impacto da gota de chuva no solo pode ser ainda mais danoso. A crosta que se forma em solos expostos consiste principalmente de agregados desintegrados, que se unem novamente, de forma semelhante a que ocorre em processos de compactação.

Posto que o cultivo acarreta uma diminuição no teor de matéria orgânica, por sua exposição e consequente oxidação, a estabilidade dos agregados existentes na camada superficial do solo tende a diminuir (Rovira & Greacen, citados por FORTUN & FORTUN, 1989). Vários trabalhos relatam este fato. RANDO (1981), trabalhando com um Latossolo Roxo no município de Lavras, Minas Gerais, acusa o efeito negativo do cultivo na estabilidade de agregados, para solos sob práticas convencionais por mais de 10 anos. Da mesma forma, MORAES (1984), estudando características físicas de um Latossolo Vermelho Escuro muito argiloso sob cerrado, mostrou que o solo não cultivado, utilizado como referência, apresentou

maior porcentagem de agregados maiores que 2,0 mm do que o solo cultivado.

ABRÃO et al. (1979), comparando influência de métodos de preparo do solo sobre as características físicas de um Latossolo Roxo, cultivado com soja e trigo por 4 anos, afirmam que quanto menor a mobilização, maior o índice de estabilidade de agregados obtido.

LOW (1972) estudou o efeito do cultivo na estrutura e outras características físicas de solos sob gramíneas e solos cultivados. Foram observados solos de diferentes texturas e tempos de cultivo, em várias regiões da Inglaterra. O autor afirma que a estabilidade de agregados em água decresce conforme o número de anos de cultivo aumenta. Observou ainda que para qualquer classe textural, ao ser cultivado a estabilidade de agregados em água caiu bruscamente nos primeiros dois a três anos, tendo então seu valor aproximado ao de solos longamente cultivados mais lentamente.

CARPENEDO & MIELNICZUK (1990), verificando efeitos do manejo do solo sobre a estabilidade em água e qualidade de agregados em Latossolo Roxo, concluíram que os agregados de maior diâmetro foram fracionados, pelo cultivo, em agregados menores.

ROTH et al. (1991), em análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo,

em Londrina, Paraná, constatou que os índices mais baixos de estabilidade de agregados foram encontrados no solo cultivado de modo convencional e os mais altos nas parcelas recentemente desmatadas. Os autores afirmam que a calagem aumentou o índice de estabilidade de agregados, entre outros parâmetros físicos estudados. O teor de carbono orgânico e a soma de íons alumínio mais cálcio foram os que mais se correlacionaram com o índice de estabilidade de agregados.

CONAWAY JR. et al. (1962) compararam métodos de expressão de estabilidade de agregados para solos de clima temperado dos Estados Unidos, concluindo que a simples soma das frações de agregados estáveis em água permite constatar diferenças entre sistemas de cultivo, tão bem quanto métodos mais elaborados, e de execução mais demorada. Foi determinado também que alterações na estabilidade de agregados refletiram-se principalmente pela porcentagem de agregados nas frações 0,5 e 2,0 mm.

KEMPER & CHEPIL (1965) citam vários autores e seus pareceres sobre a adequação de cada método de expressão, apontando o diâmetro médio ponderado e o diâmetro médio geométrico como métodos mais adequados para tal fim. A respeito do coeficiente de variação entre resultados obtidos de subamostras, os autores afirmam que a variação tolerada deve ser inferior a 7%. Afirmam ainda que fontes de variação são criadas quando grumos muito grandes são rompidos, para um

peneiramento inicial. Se forem partidos em unidades muito pequenas, o diâmetro médio ponderado terá seu valor subestimado. Outra fonte de variação pode ser devida à segregação, ou seja, quando da separação das subamostras, uma pode vir a conter maior número de agregados grandes do que a outra, distorcendo a situação real, de campo.

ANGULO et al. (1984) estudaram a correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo, usando como amostra diversos tipos de solos, entre eles Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Roxo, e concluíram que nas ~~determinações de estabilidade de agregados com imersão a~~ pressões atmosféricas, seriam necessárias, em média, 4,1 repetições para obtenção de um coeficiente de variação menor que 8% e que os agregados maiores que 1,0 e 2,0 mm de diâmetro podem ser utilizados na caracterização da estabilidade dos agregados tão bem quanto as formas mais complexas utilizadas, ou seja, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico.

2.3.2. ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO

A floculação é um processo importante na formação de agregados estáveis nos solos agrícolas. Esta propriedade dos colóides está ligada à "dupla camada elétrica difusa". Quando está presente uma espessa dupla camada, o que é indicado por um elevado potencial eletrocinético (zeta), a floculação é dificultada. Faz-se necessário, então, diminuir a espessura da camada, ou diminuir o potencial elétrico, para propiciar a floculação, conforme explicam GAVANDE (1976) e BAVER et al. (1972), que afirmam que o fenômeno ocorre mais rapidamente em presença de cátions di e trivalentes. Esses autores, bem como EL-SWAIFY (1970), referem-se também a fenômenos de atração eletrostática entre bordos positivamente carregados e faces negativamente carregadas dos minerais de argila, citando Schofield & Samson, e que esse tipo de floculação produz sistemas mais estáveis do que aqueles produzidos pelo sistema anteriormente citado.

SCHWERTZMANN & TAYLOR (1977) afirmam que os óxidos de ferro livre, que apresentam cargas positivas, também funcionam como ponte, ligando as partículas de argila.

O modelo da dupla camada difusa é citado por vários autores para explicar o fenômeno de floculação (RUSSELL & RUSSELL, 1968; BUCKMAN & BRADY, 1967; FASSBENDER, 1984). Este modelo refere-se a duas fases interrelacionadas: uma fase sólida, que é carregada de cargas negativas (excesso de

elétrons) e uma fase líquida, que é constituída por uma camada de cargas positivas (deficiência de elétrons).

BAVER et al. (1972) afirmam que, ao se elevar a concentração de um eletrólito no sistema, obtém-se uma compressão da dupla camada, o que resulta na floculação de partículas.

Para BUCKMAN & BRADY (1967), a razão para que um colóide saturado de cálcio ou de hidrogênio apresente maior tendência para flocular está também associada com as propriedades eletroquímicas do sistema. A quantidade de cargas negativas que uma partícula coloidal possui, responsáveis pela dispersão, é inerente a essa partícula, independentemente dos cátions de saturação. Entretanto, o potencial zeta, ou eletrocinético, que determina a eficácia dessas cargas em repelir uma segunda partícula, é fixado pela tensão com que são mantidos os cátions. Quando estes, por causa de seu tamanho ou de sua hidratação, mantêm-se muito distantes das superfícies coloidais, apresentam tendência para elevar o potencial zeta, evitando, então, que as partículas floculem. Os cátions divalentes, que são retidos com maior rigidez que os monovalentes do mesmo tamanho, proporcionam a formação de sistemas cátions-colóides com potencial zeta menos elevado do que íons mais hidratados. A água de hidratação impede que o cátion seja intimamente adsorvido. Esses fatos respondem pela tendência de o sódio,

ion altamente hidratado, auxiliar a dispersão dos colóides do solo, e do cálcio, ao contrário, em favorecer sua floculação.

RANDO (1981) afirma haver um consenso geral na literatura a respeito da ação floculante do cálcio, o que se confirmou ao longo dessa revisão. Em estudo sobre a influência da composição da solução do solo na estabilidade de agregados em um Oxissolo, que apresentava 70-80% de caulinita, 15-20% de óxidos de ferro e 5-10% de gibbsita, EL-SWAIFY (1970) concluiu, contrariando as expectativas, que o magnésio, o cálcio e o sódio não apresentaram nenhum efeito sobre o diâmetro dos agregados, e nem mesmo a ação dispersante do sódio foi observada, o que foi justificado pela presença de caulinita, que, segundo Schofield & Samson, citados pelo autor, necessita de pH acima de 8,0 para que ocorra dispersão. Segundo o autor, isso ocorre porque a floculação num sistema caulinitico é causada pela atração entre superfícies negativamente carregadas e bordos positivamente carregados dos colóides, e que para superar essa atração as cargas positivas devem ser neutralizadas ou invertidas, o que pode ser obtido elevando-se o pH. Afirma ainda que a presença maciça de óxidos de ferro nesses solos aumenta sua resistência à dispersão.

FASSBENDER (1984) justifica as propriedades de floculação dos colóides por seu caráter anfótero, ou seja, pela condição de ter sua carga alterada pela variação do pH,

inclusive podendo atingir um equilíbrio entre cargas negativas e positivas no ponto isoelétrico. O autor afirma que em condições de baixo pH a tendência é predominar cargas positivas no solo, ocorrendo o inverso quando o pH é alto. Nos dois extremos o que ocorre é a repulsão de partículas coloidais de mesma carga. Porém, no ponto isoelétrico, como há um equilíbrio entre cargas positivas e negativas, deve ocorrer, em tese, um máximo de atração e floculação de partículas.

Óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro apresentam, da mesma forma, caráter anfótero (FASSBENDER, *op.cit.*), assim como a matéria orgânica. ALLISSON (1973) afirma que alguns tipos de matéria orgânica permanecem eletronegativos em ampla faixa de pH, como também afirma MALAVOLTA (1981), que acrescenta que essa característica só é revertida quando o pH se eleva acima de 7,0. A presença dessas partículas coloidais pode afetar o ponto isoelétrico, alterando, assim, a floculação nos solos.

2.3.3. PSEUDOPARTÍCULAS TEXTURAIS

Segundo VERHEYE (1974), pseudo-partículas (pseudo-silte e pseudo-areia) ocorrem por microagregação das partículas unitárias, por influência de agentes cimentantes, como sesquióxidos de ferro e os compostos orgânicos.

SANCHEZ (1976) afirma que Oxissolos com teor de argila próximo a 80% podem comportar-se como solos francos ou franco-siltosos, quando da estimativa da textura, pelo tato (campo). Entretanto, continuando a manipular a amostra com os dedos é possível senti-la mais argilosa, à medida que os agregados vão sendo progressivamente desfeitos. A estrutura desses solos é constituída, segundo o autor, pela reunião de partículas primárias em agregados muito estáveis, com dimensões da fração areia. A elevada estabilidade é associada com o elevado teor de argila e a cimentação ou capa produzida pelos óxidos de ferro e alumínio.

PÉDRO et al. (1973), estudando horizonte B das Terras Roxas Estruturadas, afirmam que a aplicação de diferentes técnicas de análise granulométrica indicou a existência de 2 níveis de dispersão de argila, um representando 20% e outro 75% de argila. Análises mineralógicas efetuadas nas frações silte e areia, indicaram que essas frações, correspondendo ao nível mais baixo de dispersão de argila, contêm caulinita associada aos minerais do esqueleto, o que caracteriza a existência de pseudo-

partículas. Entretanto, as frações areia e silte do outro grupo apresentam-se constituídas essencialmente por grãos do esqueleto. Esses resultados são endossados pelos do trabalho de PÉDRO et al. (1976), sobre constituição e formação da Terra Roxa Estruturada do Brasil, onde comparam a gênese da Terra Roxa Estruturada e a do Latossolo Roxo.

ESPINDOLA & GALHEGO (1981), em estudos sobre pedogênese em áreas basálticas, trataram a fração areia com HCl 50% a quente, para eliminação dos óxidos de ferro coloidais cimentantes, e obtiveram valores bastante inferiores dessa fração, em relação àqueles obtidos pelo tratamento dispersante com NaOH 1N, o que indica, segundo os autores, a presença de pseudo-partículas texturais, ou seja, partículas de argila e silte aglutinadas, apresentando, então, o diâmetro de partículas de areia. Os autores afirmam que quanto maior o grau de evolução do solo, maior a efetividade da microagregação, provavelmente pela maior floculação dos colóides e efeito paralelo do incremento de sesquióxidos livres.

BUOL & ESWARAN (1977), em estudo micromorfológico de Oxissolos, afirmam que no estágio óxico, o ferro livre tende a cimentar a argila em pseudo-silte e pseudo-areia, o que pode conduzir à formação de agregados.

2.4. DENSIDADE

2.4.1. DENSIDADE GLOBAL

Segundo BUCKMAN & BRADY (1967), densidade do solo é um parâmetro de expressão do peso do solo, considerando, neste caso, o espaço total do solo, ou seja, o espaço ocupado pelos sólidos e poros do solo, em conjunto. É definido como o peso de uma unidade de volume de solo seco.

A densidade de qualquer solo em particular é decorrente do arranjo de suas partículas, ou seja, de sua estrutura. Desta forma, é possível dizer que a estrutura de um solo determina sua densidade (BUCKMAN & BRADY, op. cit.). Solos orgânicos, segundo KIEHL (1979) e JORGE (1983) apresentam valores de densidade entre 0,6 e 0,8 g/cm³. Solos onde partículas finas predominam, como os argilosos, franco argilosos e franco siltosos apresentam-se arranjados em um tipo de estrutura que contribui para dar uma condição fofo e porosa ao solo, que reduz o valor da densidade global. Portanto, a densidade global de um solo de superfície, franco siltoso bem granulado é com certeza mais reduzida do que a de um franco arenoso, variando ao redor de 1,00 g/cm³ a, no máximo, 1,60 g/cm³ (BUCKMAN & BRADY, op. cit.).

DONAHUE (1965) sugere 1,40 g/cm³ como valor máximo de densidade para solos argilosos, ou seja, valor acima do qual as condições de aeração e penetração de raízes ficam prejudicadas. BONI & ESPINDOLA (1991), trabalhando com um Latossolo Roxo, em

Campinas, SP, observaram que, quando a densidade global em subsuperfície estava ao redor de $1,4 \text{ g/cm}^3$, em decorrência da compactação mecânica, as raízes de uma leguminosa aí instalada apresentaram crescimento lateral, paralelo à superfície, de onde é possível concluir que esse valor de densidade tornou limitante a penetração do sistema radicular em profundidade.

Para ALLMARAS et al. (1973) certa compactação localizada pode ocorrer também em função da penetração das raízes através de um solo homogêneo, contendo poros menores que o diâmetro das raízes. Esta penetração desloca as partículas do solo lateralmente, podendo ocasionar, eventualmente, uma compactação ao redor das raízes, reduzindo o volume de poros com ar.

Para BUCKMAN & BRADY (op.cit.), há uma tendência ao aumento dos valores de densidade global ao longo do perfil, o que é possivelmente devido a conteúdos mais baixos de matéria orgânica, menor penetração de raízes e adensamento devido ao peso das camadas superiores. O autor afirma ainda que é provável um movimento de argila e óxidos de ferro e alumínio em direção aos horizontes subsuperficiais agrave o adensamento desses horizontes.

JORGE (op.cit.) menciona que há uma distinção entre os processos de reorganização das partículas do solo, em relação à origem desse fenômeno. Quando se trata de origem antropogênica, ou externa, como peso de máquinas ou animais, denomina-se

compactação. Porém, quando o fenômeno ocorre por processos internos ao corpo do solo, ou pedogenéticos, é denominado adensamento.

Segundo BUCKMAN & BRADY (op.cit.), os sistemas de cultivo e o manejo do solo influenciam sua densidade, especialmente nas camadas superficiais. A adição de resíduos orgânicos em grandes quantidades tende a diminuir os valores de densidade global na superfície dos solos, da mesma forma que o cultivo de gramíneas. O cultivo intensivo, por outro lado, age de forma contrária. Cultivos intensivos (40 a 150 anos) ilustram a influência do tempo de cultivo sobre a densidade. Para solos de ~~textura fina, registraram-se aumentos de densidade global ao~~ redor de $0,20 \text{ g/cm}^3$, para períodos de aproximadamente 50 anos de cultivo. Para um grupo de 14 solos, de textura variada, num período de 45 até 150 anos, registraram-se variações de 1,14 até $1,45 \text{ g/cm}^3$.

O estado de compactação do solo estabelece, em grande proporção, as relações ar, água e temperatura e influencia a germinação das sementes, emergência de plântulas, crescimento da raiz, e, em geral, todas as fases do desenvolvimento e produção de culturas (TROUSE JR., 1971).

Num trabalho sobre o efeito do cultivo na estrutura e outras características físicas de solos, de diferentes texturas e tempo de cultivo, em diferentes regiões da Inglaterra estudados por um período de 25 anos, LOW (1972) afirma que a densidade

esteve num mínimo quando sob pastagem e aumentou quando sob cultivo. Em alguns solos arados por muitas décadas a densidade global esteve próxima daquela considerada limitante para a penetração de raízes.

CINTRA et al. (1983), estudando impedimentos mecânicos em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul, afirmam que, comparando solo sob mata com o mesmo solo sob cultivo convencional de soja-trigo, por mais de 15 anos, observaram valores superiores de densidade global para este último. Os autores concluem que solos cultivados convencionalmente apresentam, próximo à superfície, níveis elevados de densidade global, além de outras evidências de alteração da estrutura, por comparação com o mesmo solo sob mata nativa. O mesmo resultado foi encontrado por MACHADO et al. (1981), estudando efeitos de cultivo convencional em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, submetido a cultivo de soja-trigo por 4, 8 e 14 anos, no Rio Grande do Sul. O efeito do cultivo sobre a densidade global intensificou-se com o aumento do tempo de cultivo.

MORAES (1984), trabalhando com um Latossolo Vermelho Escuro textura muito argilosa, sob cerrado, observou significativo aumento de densidade global quando este solo era cultivado. O autor afirma que há unanimidade de opiniões de que o cultivo aumenta a densidade do solo, seja pela quebra da

estrutura e diminuição da macroporosidade, seja pela compactação ocasionada pela passagem de veículo.

Em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado CENTURION & DEMATTÊ (1985) observaram que a mobilização do solo provoca um aumento nos valores de densidade das camadas superiores, variando em espessura em função da profundidade de mobilização.

2.4.2. DENSIDADE DE PARTÍCULAS

A densidade de partículas dos solos é expressa pela razão do peso de partículas do solo por seu volume, excluindo, portanto, os espaços porosos (BLAKE, 1965).

Para solos minerais os valores variam predominantemente entre 2,6 e 2,7 g/cm³, o que se deve ao fato de a maior parte do solo estar constituída por quartzo, feldspato (comum em solos pouco intemperizados) e silicatos coloidais, de densidades próximas a esses valores. Ocasionalmente, quando minerais pesados como magnetita, zircão, turmalina e hornblenda estão presentes, a densidade de partículas pode exceder 2,75 g/cm³ (LYON & BUCKMAN, 1947).

Em Latossolos Roxos, RANDO (1981) encontrou valores médios de densidade de partículas de 2,90 g/cm³ para solos cultivados. Já para um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, JORGE et al. (1991) observaram um valor de 2,3 g/cm³. MACHADO et al. (1981), também estudando um Latossolo Vermelho Escuro textura muito argilosa, obtiveram valores de densidade de partículas próximos a 2,70 g/cm³, para uma amostra de horizonte superficial sob mata.

O conteúdo de matéria orgânica pode ter influência sobre a densidade de partículas de um solo mineral, sendo que, de modo geral, em horizontes superficiais a densidade de partículas tem valor mais baixo do que em horizontes subsuperficiais. Isso se deve ao menor peso específico da

matéria orgânica em relação ao mesmo volume de sólidos minerais (LYON & BUCKMAN, op.cit.). RANDO (op.cit.) encontrou média de 2,87 g/cm³ para solo sob mata, sendo que o valor para o horizonte superficial foi igual a 2,75 g/cm³, graças à influência da matéria orgânica, que apresentou teor médio de 4,8%. MACHADO et al. (op.cit.) observaram diferença de 0,13 g/cm³ entre o horizonte superficial (A1) e o subsuperficial (B22) para solo cultivado, este último a uma profundidade média de 150 cm, sendo que essa diferença foi de 0,4 g/cm³ para um campo nativo

A granulometria não tem qualquer influência sobre a densidade de partículas, da mesma forma que o grau de compactação dos solos (LYON & BUCKMAN, op.cit.).

A densidade de partículas é usada na maioria das expressões matemáticas onde volume ou peso de uma amostra de solo é considerada. Então, interrelações de porosidade (DONAHUE, 1965), densidade global, espaço poroso e taxa de sedimentação de partículas em fluidos dependem da densidade de partículas (BLAKE, op.cit.).

BOUMA & HOLE (1971), estudando dois tipos de solos, em condições de cultivo e em solo virgem, constataram que o teor de matéria orgânica diminui com o cultivo e que isso afeta a densidade de partículas, aumentando seu valor.

RANDO (op.cit) afirma que o cultivo afetou a densidade de partículas, posto que provocou a diminuição do

teor de matéria orgânica. MACHADO et al. (op.cit.) também observaram diferenças na densidade de partículas entre o horizonte superficial do solo cultivado e o mesmo horizonte do solo sob mata, apresentando este último valores mais baixos de densidade de partículas.

2.7. POROSIDADE TOTAL, MACRO E MICROPOROSIDADE

O papel essencial da porosidade do solo está ligado ao fato de que os fenômenos essenciais à vida das plantas ocorrem nos poros. Reações químicas e biológicas, fluxo de fluidos, difusão de gases e íons, fenômenos de troca e processos físicos, como por exemplo, a retenção de umidade, são alguns dos fenômenos que se processam no sistema poroso do solo, constituindo as condições ambientais para o desenvolvimento das raízes das plantas (SCARDUA, 1972).

OSBORNE et al. (1979) completam essa idéia, referindo-se à estabilidade do sistema de poros, entre e dentro dos agregados. O autor afirma que um sistema poroso continuamente estável é essencial à fertilidade e evita o "stress" físico, associado ao suprimento inadequado de ar e/ou água, resistência à penetração de raízes e temperatura desfavorável.

DADES (1984) afirma que a boa estrutura para o crescimento das plantas em solos barrentos (francos) ou argilosos pode ser definida em termos da presença de poros para armazenamento de água disponível às plantas (com diâmetro entre 0,2 e 25,0 μm), poros para transmissão de água e ar (25,0 a 100,0 μm) e poros nos quais as raízes podem crescer (>100,0 μm), além de se prestarem à aeração e à drenagem rápida. LOW (1972) chama de bioporos aqueles com diâmetro superior a 100,0-200,0 μm .

Para BREWER (1976), macroporos são aqueles cujo diâmetro é superior a $75 \mu\text{m}$, chamando de macroporos muito finos aqueles com diâmetro entre 75 e $1000 \mu\text{m}$, macroporos finos entre 1000 e $2000 \mu\text{m}$, macroporos médios 2000 e $5000 \mu\text{m}$ e macroporos grossos $> 5000 \mu\text{m}$. Considera como mesoporos aqueles entre 30 e $75 \mu\text{m}$ e microporos entre 5 e $30 \mu\text{m}$.

Greenland & Maynes, citados por FORTUN & FORTUN (1989), dividem o espaço poroso do solo em poros de transmissão ($> 50,0 \mu\text{m}$) e poros de armazenamento ($0,5$ a $50,0 \mu\text{m}$).

A porosidade total do solo é formada pela soma das porcentagens de poros de diferentes tamanhos e funções (GAVANDE, 1976); os poros grandes servem para aeração e infiltração, os médios para condução de água e os pequenos para o armazenamento de água disponível para as plantas. Este autor utiliza-se da distribuição porcentual de tamanho de poros para definir qualitativamente a estrutura do solo. Afirma que estrutura "pobre" é a que reflete pequeno espaço poroso (40%) e muitos poros pequenos, ineficientes na drenagem, de modo que apenas uma pequena porcentagem de poros está ocupada por ar (5%).

BAVER et al. (1972) afirmam que solos argilosos e solos orgânicos possuem porosidade superior a 50% e que a porcentagem de poros grandes aumenta com a agregação do solo e com o diâmetro dos agregados.

Para Vomocil & Flocker, citados por ROBINSON (1964), o intervalo de 10 a 15% de ar no solo é inadequado a um grande número de culturas de importância econômica.

WESSILING & VAN WIJK (1957) concluíram que a difusão no solo deixa de manifestar-se se a porosidade livre de água for inferior a 10%. BAVER et al. (op.cit.) afirmam que para 10% de porosidade de aeração ocorre restrição à proliferação de raízes.

RANDO (1981) afirma que o comportamento do sistema poroso do solo, durante a estação de crescimento de uma cultura anual qualquer, sofre variações inversas à da densidade. Então, quando do preparo e mobilização do solo, a porosidade total é alta e a densidade baixa. Porém, ao longo do ciclo da cultura essa relação inverte-se, citando Brusham et al.

Vários autores, comparando solos cultivados e não cultivados, observaram diferenças relativas à estrutura e, conseqüentemente, à porosidade. Os valores de porosidade total para solos cultivados são, em geral, inferiores aos encontrados para solos sob vegetação natural (LOW, op.cit.; MOURA FILHO & BUOL, 1972; MACHADO et al., 1981 e MORAES, 1984). RANDO (op.cit.) encontrou aproximadamente 65 % para Latossolos Roxos sob mata, contra 59% para o mesmo solo cultivado.

GROHMANN (1960) afirma que a porosidade total não é tão importante quanto a distribuição e o tamanho dos poros na caracterização da estrutura do solo. OLIVEIRA et al. (1968) sugerem que é necessário cuidado na interpretação de valores de porosidade total, posto que esta, por si só, não caracteriza uma compactação, ainda que se observe uma tendência de diminuição de seu valor em profundidade em relação ao da camada superior, e conclui que a compactação pode ser perfeitamente caracterizada pela variação dos valores de macro e microporosidade.

O principal efeito da compactação é reduzir a macroporosidade (WARKETIN, 1971). Diversos autores atestam os efeitos marcantes do cultivo sobre a macroporosidade, diminuindo-a (BAVER & FARNSWORTH, 1940; LAWS & EVANS, 1949; KLUTE & JAKOB, 1949; KLINGEBIEL & O'NEAL, 1952; BUCKMAN & BRADY, 1967; AINA, 1979, dentre outros). Segundo HILLEL (1971), o cultivo provoca aumento na microporosidade, o que se deve à redução nos poros de grande tamanho. RANDO (op.cit.) afirma que isso se deve ao rearranjo das unidades estruturais do solo, fazendo com que elas estejam mais próximas entre si, o que, conseqüentemente, aumenta a porcentagem de poros com diâmetro igual ou menor que 0,05 mm, ou, conforme afirmam PAGE & WILLIARD (1946), que cada unidade de volume contém mais solo e menos ar, assim como permite a drenagem de menor volume de água. RANDO (op.cit.) obteve,

para um Latossolo Roxo sob cultivo, valor de microporos igual a 37,94%. Para o mesmo solo sob mata esse valor foi de 34,13%.

MOURA FILHO & BUOL (1972), comparando três perfis de Latossolo Roxo, em Minas Gerais, um sob área recentemente desmatada, outro sob área cultivada por 15 anos e um terceiro sob mata, verificaram redução no volume ocupado por poros não capilares ($>0,05$ mm de diâmetro) e conseqüente redução na velocidade de infiltração no solo cultivado, o que foi atribuído a compactação por maquinaria agrícola.

MACHADO & BRUM (1978), comparando talhões de solo submetidos a cultivo com talhões sob mata nativa, em um Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul, verificaram diminuição da porosidade total e da macroporosidade e aumento da microporosidade do solo sob cultivo.

MACHADO et al. (1981) verificaram que as alterações na estrutura de um Latossolo Vermelho Escuro muito argiloso aparentemente manifestam-se a partir do 4º ano de cultivo, sendo mais intensas no solo cultivado por 14 anos. Foi observada redução na porosidade total e na macroporosidade e aumento na microporosidade para o solo cultivado de modo convencional.

CINTRA et al. (1983), buscando caracterizar impedimento mecânico em um Latossolo Roxo, no Rio Grande do Sul, submetido por 15 anos a cultivo convencional de soja e

trigo, verificaram que o solo cultivado convencionalmente apresentou menor volume de macroporos e menor porosidade em relação ao mesmo solo sob mata.

MORAES (1984) constatou que um Latossolo Vermelho Escuro mantido sob cerrado natural apresentou valores mais elevados de porosidade total e de macroporosidade e menores de microporosidade do que quando submetidos a diferentes sistemas de cultivo. Em solo correspondente, CENTURION & DEMATTÊ (1985) verificaram que as alterações de estrutura foram maiores nas áreas onde o sistema de cultivo mobilizou mais intensamente o solo, com formação de camadas compactadas, elevação da microporosidade e decréscimo da macroporosidade.

2.6. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Segundo ALLISSON (1973), a matéria orgânica é o centro de todas as atividades da vida do solo, incluindo aquelas da microflora, da micro e meso fauna e do sistema radicular das plantas superiores. Dentre os mais importantes benefícios da matéria orgânica, está o fato de ela prestar-se como fonte de alimento para várias formas de vida que são encontradas no solo: atua como fonte de alimento para as plantas e representa fonte de energia, quando os componentes orgânicos no solo são submetidos a ataque biológico pela micro e meso fauna do solo.

A matéria orgânica do solo é, segundo KONONOVA (1975), amplamente responsável, direta ou indiretamente, por tornar o meio ambiente físico do solo favorável ao crescimento das culturas. Ela atua na agregação, a qual influencia a formação ou não de crostas no solo, infiltração da água, umidade do solo, drenagem, aeração, temperatura, atividade microbiana e penetração de raízes.

Durante o desenvolvimento dos solos a matéria orgânica é acumulada através da formação de biomassa e detritos orgânicos. Nos diversos ecossistemas os níveis de equilíbrio da matéria orgânica do solo são determinados por um balanço de produção de biomassa, estabilização de detritos e mineralização- respiração de matéria orgânica (TIESSSEN et al., 1984).

KONONOVA (op.cit.) afirma que a reserva total de massa vegetal, seja da parte aérea do vegetal ou do sistema radicular, varia amplamente, dependendo do tipo de vegetação, condições climáticas e propriedades do solo. A acumulação máxima de biomassa é observada em ecossistemas florestais, em especial aqueles de florestas tropicais úmidas.

ALLISSON (op.cit.) afirma que a textura do solo é um fator extremamente importante no conteúdo de húmus do solo. Sob condições climáticas similares, a quantidade presente em solos de textura argilosa pode superar de duas a quatro vezes a de solos arenosos. Parte dessa diferença é atribuída à melhor aeração e elevada oxidação em solos de textura grosseira, mas as principais diferenças são devidas a: a) formação de complexos orgânicos-inorgânicos; b) adsorção de matéria orgânica pelas partículas de argila e c) formação de compostos metal-orgânicos, com íons metálicos tais como cálcio, ferro e alumínio, formando humatos, os quais, segundo KONONOVA (op.cit) tornam os compostos orgânicos menos disponíveis aos microorganismos. Esses últimos parecem ocorrer marcadamente em latossolos.

No entanto, quando o equilíbrio existente num ecossistema florestal sofre distúrbios pela introdução de agricultura, o conteúdo de matéria orgânica do solo é alterado, posto que se alteram os padrões de produção de

biomassa, de estabilização e de perda de material orgânico (TIESEN et al., op.cit.).

DABIN (1982) endossa essa idéia, afirmando que a introdução de diferentes manejos altera as condições de microclima e regime hídrico reinantes, que parecem reger a velocidade de decomposição e as taxas de humificação, polimerização e mineralização da matéria orgânica.

RUSSELL (1973) considera a aeração provocada pelo revolvimento do solo como uma das principais razões da maior velocidade de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, de seu decréscimo. ALLISSON (1973) afirma que o cultivo ou o revolvimento do solo aumenta sua atividade biológica, o que atribui à melhor aeração decorrente dessa mobilização. Isso ocorre porque a matéria orgânica retida na estrutura dos agregados maiores, que são rompidos pelo cultivo, torna-se, então, acessível aos microorganismos, que proliferam dada a disponibilidade de alimento. O autor afirma ainda que o cultivo ano após ano é capaz de reduzir sensivelmente o conteúdo de matéria orgânica do solo e, com isso, acarretar a deterioração das propriedades físicas do solo.

Para BUCKMAN & BRADY (1967) os solos cultivados apresentam-se com teores de matéria orgânica (ao redor de 30 a 40% inferiores aos dos solos sob floresta).

Outros autores, trabalhando com Latossolos Roxo e Vermelho Escuro, confirmam o efeito do cultivo sobre o teor de matéria orgânica, provocando sua redução : MACHADO & BRUM, 1978; RANDO, 1981; CINTRA et al., 1983 e MORAES, 1984, dentre outros. OLIVEIRA & MENK (1984) observaram diminuição do teor de carbono em solos cultivados, exemplificando com um Latossolo Roxo amostrado sob mata, com teor de carbono igual a 5,0% no horizonte superficial, e outra amostra, distante 25 metros, sob cultivo de cana, para o mesmo horizonte, onde o teor de carbono encontrado foi igual a 1,9%.

Entretanto, ABRÃO et al. (1979), estudando efeito de seis métodos de preparo de solo sobre as características de um Latossolo Roxo, cultivado com soja e trigo, não encontraram diferenças aparentes no teor de matéria orgânica relacionada à maior ou menor mobilização desse solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no município de Campinas, SP, de ambos os lados da rodovia de ligação a Paulínia, a 4,7 Km do trevo de entrada da Unicamp, numa porção compreendida entre a mata da Fazenda Santa Genebra (reserva biológica municipal) e área contígua, sob cultivo de soja, além de outra parcela, situada na margem oposta da rodovia sob cultivo perene de abacate, conforme Figuras 1 e 2.

A geologia da região de Campinas está representada principalmente pelo embasamento cristalino do Proterozóico Inferior (Grupo ou Complexo Amparo) e pelas rochas sedimentares do Carbonífero Permiano (Formação Itararé).

A Formação Itararé é representada por sedimentos clásticos grosseiros, arenitos e conglomerados, com desenvolvimentos subordinado de siltitos (DNPM, 1984).

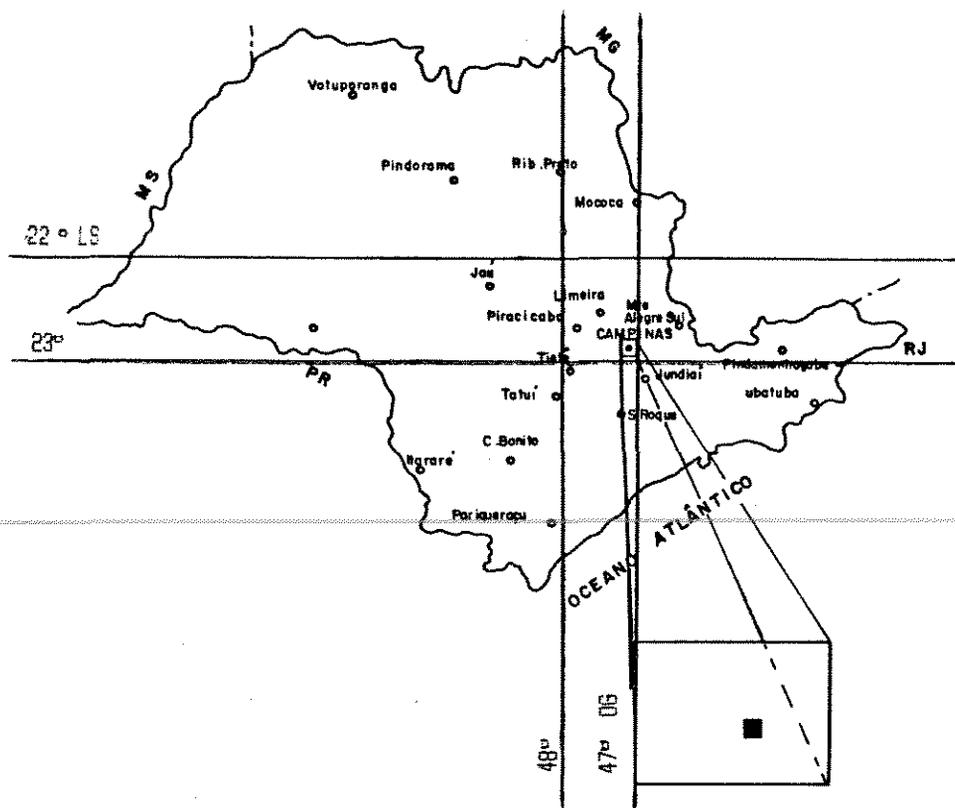


Fig. 1 - Situação geográfica do município de Campinas, São Paulo e localização da área de estudo na Quadrícula de Campinas.

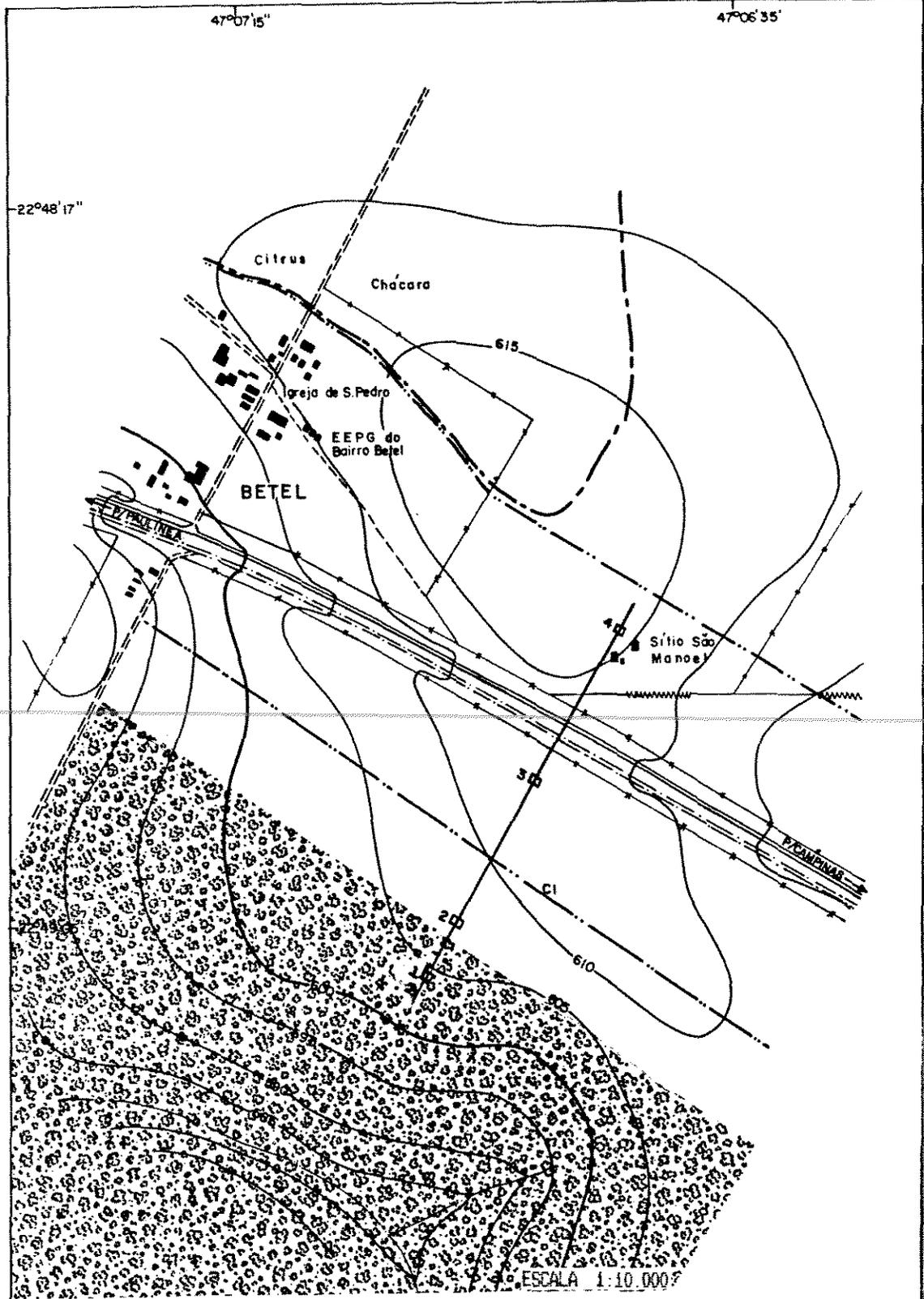


Fig. 2 - Mapa planialtimétrico da área de estudo
localização dos quatro perfis estudados.

Capeando esses sedimentos, ocorrem espessos e extensos depósitos, em geral argilosos, referidos ao Neocenozóico. O nível altimétrico 600-620 m assinala, na região de Campinas, o limite entre os sedimentos da Formação Itararé, situados abaixo e os depósitos argilosos modernos acima situados dessa cota. Esse material remanejado e bastante intemperizado, corresponde às unidades de solos relacionadas de maneira geral com os Latossolos (OLIVEIRA et al., 1979).

Entremeados entre o embasamento cristalino e o manto de rochas sedimentares, ocorrem sills, lacólitos, ~~batólitos e diques de diabásio, os quais afloram nas áreas~~ mais elevadas, onde houve remoção mais intensa da cobertura sedimentar. De acordo com o Mapa Geológico do Brasil (DNPM, 1984), essas intrusões estão relacionadas à sequência vulcânica do Jurássico/Cretáceo, que constitui a Formação Serra Geral.

Os dados relativos ao clima dessa área referem-se aos obtidos pelo posto meteorológico da Fazenda Santa Elisa, do Instituto Agronômico (OLIVEIRA et al., 1979). Segundo os autores, a pequena extensão territorial e o relevo pouco acidentado permitem extrapolá-los para toda a quadrícula de Campinas, sem prejuízos de precisão.

O tipo climático, segundo Koppen, Cwa, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco, e apresenta as seguintes

características: a distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso (79% das precipitações) e inverno seco (21% das precipitações). O período seco estende-se de abril a setembro e o período chuvoso de outubro a março. O mês mais seco é julho, com 33 mm de precipitação, e o mais úmido é janeiro, com 242 mm; a média de precipitação anual é de 1.364 mm. O balanço hídrico (Thornthwaite) permite identificar um déficit de água de 15 mm, nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

Os dados de temperatura mostram valores inferiores a 18° C durante o inverno e superiores a 22° C durante o verão, sendo junho o mês mais frio (17,1° C) e janeiro (23,1° C) o mês mais quente. A temperatura média anual é de 20,6 ° C.

A vegetação original do Estado de São Paulo é representada por mata tropical subcaducifólia (OLIVEIRA & MENK, 1984), ainda que o aspecto da mata na área de estudo seja de mata tropical subperenifólia, parte da qual é mantida como reserva florestal pelo município. A retirada da mata deu-se por volta do final do século passado (segundo agricultores da região) e pastagens foram instaladas, permanecendo assim até aproximadamente o meio do século, quando o milho, e logo a seguir o algodão, foram cultivados. O cultivo, nessa época, era realizado com auxílio de tração

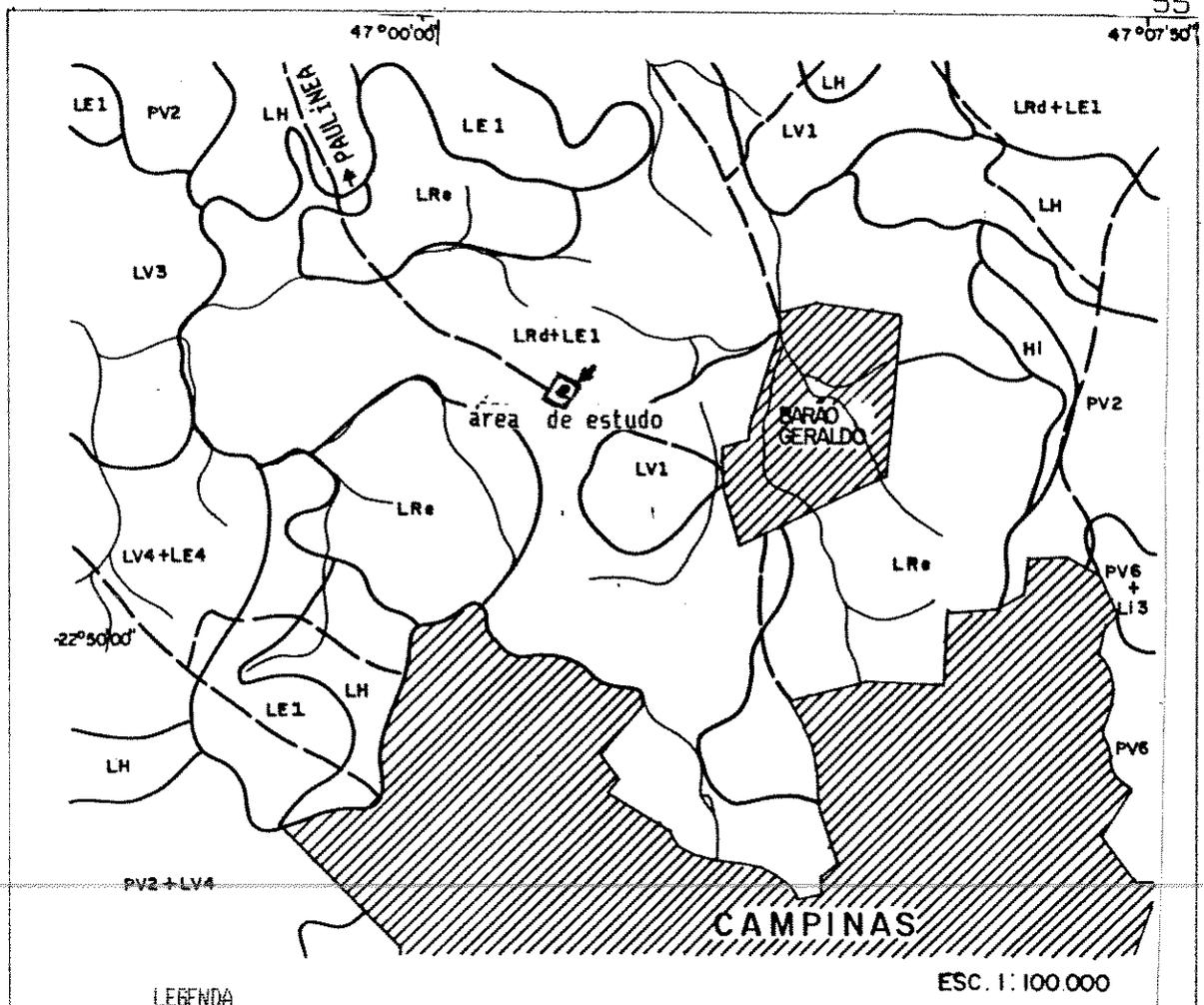
animal. A partir de 1985, a área passou a ser cultivada com soja, utilizando-se maquinaria agrícola para preparo e cultivo do solo e colheita da safra. O cultivo de abacate foi iniciado no ano de 1977, e ocasionalmente milho foi plantado entre as fruteiras.

3.2. SOLOS E AMOSTRAGEM

A descrição dos perfis foi realizada segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS & SANTOS, 1984). Trincheiras para descrição e coleta de amostras foram abertas em locais apropriados e representativos das condições de solo e modalidades de uso estudadas, ou seja, mata, soja (2 perfis) e abacate.

Segundo OLIVEIRA et al. (1979), em levantamento semi-detalhado em escala 1:50.000, os solos da região classificam-se como Latossolo Roxo distrófico e Latossolo Roxo eutrófico. No entanto, no mapa de solos, é possível observar a ocorrência de Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo e também Latossolo Húmico, conforme Fig. 3.

Foram coletadas amostras dos perfis após colheita da soja, em junho de 1991. As amostras foram colocadas a secar ao ar, antes de serem submetidas a qualquer tratamento ou análise. As de estrutura deformada foram destorroadas e



LEGENDA

ESC. 1: 100.000

- LRe: Latossolo Roxo eutrófico
 LRd: Latossolo Roxo distrófico
 LE1: Latossolo Vermelho Escuro, álico, textura argilosa
 LE4: Latossolo Vermelho Escuro, álico, textura moderada
 LVi: Latossolo Vermelho Amarelo, álico, textura argilosa
 LV3: Latossolo Vermelho Amarelo, álico, textura média
 LV4: Latossolo Vermelho Amarelo, álico, textura média
 LH: Latossolo Vermelho Amarelo Humico, álico, textura média ou argilosa
 Li3: Solo Litólico
 -23°00'00" PV2: Podzólico Vermelho Amarelo, textura arenosa ou média
 PV6: Podzólico Vermelho Amarelo, textura argilosa

Fig. 3 - Mapa de solos da região de Campinas (OLIVEIRA et al., 1979) e localização da área de estudo.

passadas em peneiras de 2,0 mm de diâmetro, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA).

Foram também coletadas amostras indeformadas (estrutura natural), para análises micromorfológicas, nos horizontes AB e B23 de cada perfil, com exceção do perfil da mata, onde se coletou amostra do horizonte B21, porque os horizontes subjacentes estavam de tal forma friáveis que foi impossível realizar a coleta.

Para determinações de porosidade e densidade global foram coletadas amostras indeformadas dos horizontes superficiais, do AB e do B23 de cada trincheira. O perfil 2 (soja) não foi amostrado para determinação de porosidade total, macro e microporosidade porque optou-se por coletar em duplicata as amostras do perfil 1 (mata). Dessa forma, os resultados dessas análises para o perfil 1 correspondem ao valor médio obtido entre as repetições. As amostras indeformadas, para essas análises e para análises micromorfológicas, foram coletadas nos referidos horizontes com o objetivo de caracterizar as alterações provocadas pelo cultivo, nos horizontes superiores, e a estrutura típica dos latossolos no horizonte inferior. O objetivo foi o mesmo, quando da determinação da taxa de infiltração nos horizontes superiores. O perfil 3 (soja) não foi amostrado porque o aparelho foi cedido por tempo insuficiente para realização do

teste nos quatro perfis, além de já haver sido amostrado um perfil com soja.

3.3. CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FÍSICAS ESTUDADAS

3.3.1. MICROESTRUTURA

As amostras indeformadas foram coletadas em caixas de Kubiena. Após secagem ao ar, foram transferidas para ~~recipientes impermeáveis, levadas à unidade de impregnação à~~ vácuo Logitech IU-20 e submetidas à seguinte preparação: resina Resapol T-208 e monômero de estireno, na proporção de 1:1, quatro gotas de catalisador peróxido de metil-etil-cetona (peroxol) para cada 100 ml de resina, conforme metodologia empregada na Seção de Mineralogia do SNLCS/EMBRAPA, onde foram conduzidas a confecção e análise das secções delgadas.

Após trinta dias de secagem em estufa a 40° C os blocos foram cortados em fatias de 5 mm de espessura, que foram coladas em lâminas de vidro com Araldite Ultra-rápido transparente e desbastadas em politriz automática Logitech LP-30.

O acabamento final das lâminas, até a espessura de 30 μ m, foi realizado manualmente em placa de vidro.

A análise microscópica das secções delgadas foi realizada em fotomicroscópio petrográfico Zeiss, utilizando-se terminologia de LIMA (1985), ESWARAN E BAÑOS (1976) e BULLOCK et al. (1985), em função da adequação das definições de cada autor às características do material analisado.

É importante ressaltar que as porcentagens e dimensões atribuídas aos diversos constituintes do solo são o resultado de uma avaliação visual, portanto semi-quantitativa. Nenhum método preciso de quantificação e medição foi utilizado.

3.3.2. INFILTRAÇÃO

Os testes de infiltração foram realizados com auxílio de um permeâmetro de Guelph, tendo sido amostrados quatro pontos por área. O horizonte superficial foi amostrado a 10 cm de profundidade, baseado na média de profundidade do horizonte A do perfil 1 (mata) e em aproximações possíveis para os demais, limitados pelas características do aparelho, que serão expostas a seguir. O horizonte AB foi amostrado a 30 cm, seguindo o mesmo princípio. Para cada um desses pontos

foram realizadas leituras com carga hidráulica correspondente a 3 cm e a 6 cm, totalizando, então, 16 leituras por área.

Pelas características do aparelho, medidas na superfície exposta do solo só podem ser realizadas com auxílio de anéis, que funcionam como recipientes para conter a lâmina de água. No entanto, o objetivo era amostrar todo o horizonte superficial e não somente sua lâmina superficial. Porém, ainda por exigências do aparelho, faz-se necessária uma cavidade com, no mínimo, 8 cm de profundidade, já que a carga hidráulica, por si só, atinge 6 cm. Por essa razão, padronizou-se a profundidade para teste no horizonte superficial como sendo a 10 cm.

O resultado dessas determinações foi expresso em mm/min.

3.3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

3.3.3.1. DETERMINAÇÃO DA AREIA, SILTE E ARGILA

Foi realizada pelo método da pipeta, promovendo-se a dispersão da amostra de 10 g de TFSA em 50 ml da solução dispersante (20 g de NaOH em 5 l de água destilada, mais 50 g de hexametáfosfato de sódio), com agitação rotacional a 30 rpm, em agitador de Wiegner, por 16 horas.

Em seguida, a suspensão foi transferida para uma proveta calibrada de 500 ml e passada por uma peneira com malha de 0,053 mm, completando o volume com água destilada. O material retido na peneira foi lavado, seco e pesado, e esta fração corresponde à areia total (AT), que foi fracionada, após seca, em areia fina (0,20 a 0,05 mm) e areia grossa (2,00 e 0,2 mm). Na suspensão do solo foi determinado o teor de argila, e o silte foi determinado por diferença.

3.3.3.2. ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO

Para determinação da argila dispersa em água utilizou-se a metodologia anteriormente descrita sem, entretanto, o uso da solução dispersante, possibilitando, a partir desse resultado, o cálculo do grau de floculação:

$$GF(\%) = \frac{(\% \text{ argila total} - \% \text{ argila dispersa})}{\% \text{ argila total}} \cdot 100$$

3.3.3.3. PSEUDOPARTÍCULAS TEXTURAS

Essa análise foi realizada no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, segundo

critério utilizado por ESPINDOLA & GALHEGO (1981), tratando as amostras de TFSA com HCL 50% a quente, objetivando a eliminação dos agentes cimentantes, como a matéria orgânica e os sesquióxidos de ferro coloidais.

3.3.4. PENEIRAMENTO EM ÁGUA

Para esta análise utilizou-se o método fundamentado em YODER (1936), onde a amostra é disposta no topo de um jogo de peneiras adaptado a um dispositivo mecânico que efetua um ~~movimento de oscilação vertical (40 rpm), dentro de um~~ recipiente contendo água, por 30 minutos.

O diâmetro médio ponderado e o diâmetro médio geométrico foram calculados segundo KIEHL (1979). Foi também utilizada a porcentagem de agregados maiores que 2,00 mm como índice de agregação.

Foram obtidos, desta maneira, agregados com diâmetros entre 6,35 e 2,00 mm; 2,00 e 1,00 mm; 1,00 e 0,50 mm; 0,50 e 0,25 mm; 0,25 e 0,125 mm e menores que 0,125 mm.

3.3.5. DENSIDADE

3.3.5.1. DENSIDADE GLOBAL

Nessa determinação seguiu-se a metodologia clássica, descrita em CAMARGO et al. (1986), que consiste na retirada de amostras com um anel de volume conhecido, secando-as em estufa a 105° C, por 24 horas. O valor da densidade global é a razão entre o peso seco da amostra e o volume do anel:

$$DG(\text{g/cm}^3) = \frac{\text{peso seco da amostra}}{\text{volume do anel}}$$

3.3.5.2. DENSIDADE DAS PARTÍCULAS

Foi utilizado o método do álcool etílico, descrito em CAMARGO et al. (op.cit.), que consiste em tomar 20 g da amostra de solo e transferi-la para balão volumétrico de 50 ml. Adiciona-se, então, 25 ml de álcool etílico, agita-se levemente, devendo a solução permanecer em repouso até o dia seguinte. Com auxílio da bureta, completa-se o volume do balão com álcool etílico. O cálculo para densidade das partículas é o seguinte:

$DP(g/cm^3) = \text{peso da amostra seca} / 50 - \text{volume do álcool gasto}$

3.3.6. POROSIDADE TOTAL

3.3.6.1. POROSIDADE TOTAL CALCULADA

A porosidade total foi calculada pela expressão:

$$PT(\%) = 100 \cdot (DP - DG) / DP$$

3.3.6.2. POROSIDADE TOTAL DETERMINADA

Foi determinada pelo método de porcentagem de água na parte saturada (porcentagem de saturação), segundo a EMBRAPA/SNLCS (1979), onde a amostra indeformada foi saturada e a seguir transferida para a estufa a 105° C, sendo seu peso anotado após 24, 48 e 72 horas, ou seja, decorrido cada período, a amostra foi retirada da estufa, deixada a esfriar ao ar e pesada seguidamente, até ser obtido valor constante.

Então, a porcentagem de saturação foi assim calculada:

$PT(\%) = \% \text{ de saturação} = 100 \frac{(PB_{\text{sat}} - PB_{\text{seco}})}{\text{volume do cilindro}}$,

onde PB_{sat} = Peso do bloco de solo saturado

PB_{seco} = Peso do bloco de solo seco a 105° C

Essas determinações, bem como as de macro e microporosidade, foram realizadas no Laboratório de Física do Solo, SNLCS/EMBRAPA, no Rio de Janeiro.

3.3.7. MACRO E MICROPOROSIDADE

Utilizou-se o método da "mesa de tensão", descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA/SNLCS, op.cit.). Trata-se de um método tensiométrico, posto que se baseia na aplicação de tensão para remover a água de amostras saturadas. Essa tensão, ou deficiência de pressão, é obtida por diferença de nível entre dois terminais de coluna de água.

Foram utilizadas amostras com estrutura indeformada, empregando-se 60 cm de altura de coluna de água (correspondente a 0,06 atm.), para separar a porosidade capilar (microporosidade) e não capilar (macroporosidade).

A porcentagem de água retida nas amostras, após atingido o equilíbrio, corresponde a microporosidade do solo,

a macroporosidade é calculada pela diferença entre a porosidade total e a capilar.

3.3.8. FRACIONAMENTO GRANULOMÉTRICO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Essa análise foi realizada segundo FELLER (1979), cujo método consiste em separar a TFSA em três frações distintas: 200-2000 μm , que se divide em orgânica e mineral; 50-200 μm , organo-mineral e menor que 50 μm , também organo-mineral, conforme metodologia usualmente utilizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), onde foram realizadas as análises.

3.3.9. CARBONO VIA SECA

Essa determinação foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), segundo recomendações de CERRI et al. (1990), utilizando-se o CARBOGRAPH 12A - "WOSTHOFF", cujo funcionamento baseia-se na combustão da amostra em forno à temperatura de 1100^o C, sob fluxo de oxigênio. O resultado é registrado em mg de carbono.

3.3.10. ANÁLISES QUÍMICAS

O ataque sulfúrico e a determinação da reação do solo foram realizados no Laboratório de Química do Solo, do SNLCS/EMBRAPA, no Rio de Janeiro. As determinações dos íons do complexo sortivo foram realizadas na UNESP, campus de Ilha Solteira.

3.3.10.1. ATAQUE SULFÚRICO

Seguiu-se metodologia da EMBRAPA/SNLCS (op.cit.), utilizando-se 20 ml de H_2SO_4 1:1, sendo realizadas as determinações de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 .

3.3.10.2. REAÇÃO DO SOLO

Foram determinados pH em água e em KCl, para relação solo água 1:2,5, segundo EMBRAPA/SNLCS (op.cit.). O delta pH foi calculado pela subtração:

Delta pH = pH KCl - pH H_2O , segundo MEKARU & UEHARA (1972).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Conforme mencionado anteriormente, os perfis de solos estão localizados numa área cujo levantamento semi-detalhado (OLIVEIRA et al., 1979) assinala as presenças do Latossolo Roxo distrófico e do Latossolo Vermelho Escuro álico textura argilosa. Visando orientar melhor a discussão dos aspectos pretendidos, achou-se oportuno classificar cada perfil de solo (mata, soja e abacate), colocando, porém, os dados morfológicos, granulométricos e químicos no Apêndice 3, deixando para o presente item apenas os dados diretamente ligados aos objetivos em mente. Assim, principalmente em função da cor e dos teores de Fe_2O_3 (CAMARGO et al., 1987; EMBRAPA, 1988), foi possível constatar que os perfis 1 (mata) e 2 (soja) tratam-se de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, enquanto que os perfis 3 (soja) e 4 (abacate) referem-se ao Latossolo Roxo. OLIVEIRA et al. (1979) descrevem, para o Latossolo Roxo Unidade Barão

Geraldo, as cores bruno-avermelhado-escuro ou vermelho muito escuro e, para Latossolo Vermelho Escuro Unidade Limeira, vermelho escuro ou vermelho, podendo ocorrer também bruno-avermelhado-escuro, conforme se observa nos perfis 1 (mata) e 2 (soja) dos solos em questão, quando, então, os solos apresentam-se idênticos ao Latossolo Roxo da Unidade Barão Geraldo.

Essas observações, somadas aos valores de saturação de bases e de alumínio, às características morfológicas e texturais (Apêndice 3), levaram à seguinte classificação dos solos em questão: os perfis 1 e 2 classificados como Latossolo Vermelho Escuro álico, A moderado, textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado; o perfil 3 (soja) classificado como Latossolo Roxo epieutrófico, A moderado, textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e o perfil 4 (soja) como Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperennifólia, relevo suave ondulado, correspondendo os dois primeiros à Unidade Limeira, e os perfis 3 e 4 à Unidade Barão Geraldo, conforme OLIVEIRA et al. (1979).

4.2. MACROESTRUTURA (campo)

Os solos estudados mostram grande homogeneidade ao longo do perfil, sendo possível separar os horizontes por pequenas diferenças estruturais e de coloração. Os perfis 2 (soja) e 3 (soja) tiveram os limites entre os horizontes B22 e B23 traçados arbitrariamente, tal foi a homogeneidade observada.

O perfil 1 (mata) apresenta elevada porosidade e canais biológicos em todo o perfil. No perfil 2 (soja) observa-se compactação muito forte no horizonte Ap e também bastante evidente no horizonte AB, enquanto o perfil 3 (soja) apresenta sinais de compactação no horizonte Ap, e no horizonte AB esses são um pouco mais pronunciados, sendo bastante evidentes quando o solo está seco. O perfil sob cultura perene (perfil 4) apresentou elevada porosidade e presença de canais biológicos ao longo do perfil, ainda que o horizonte AB tenha se mostrado compactado.

No horizonte superficial do perfil sob mata (tabela 16) a presença de estrutura grumosa, ou seja, de agregados muito grandes (diâmetro aproximado de 3 cm) e porosos, reflete a intensa agregação nesse horizonte, como podia ser esperado para um solo sob floresta. No horizonte AB ainda se observa a presença de agregados de diâmetro médio, ocorrendo também os de diâmetro pequeno, numa clara transição para a estrutura ultrafina granular dos horizontes subjacentes,

típicos B latossólicos. Observa-se também a presença de raízes grossas, médias e finas nos horizontes A e AB e raízes médias e finas, com poucas grossas nos horizontes subsequentes.

O perfil 2, sob soja, apresenta estrutura tipicamente compactada, em se considerando um Latossolo Vermelho Escuro, ou seja, blocos muito grandes no horizonte Ap, com presença de raízes finas e médias abundantes. É possível que a compactação no horizonte superficial não se deva exclusivamente ao cultivo, mas também à ação da argila dispersa, oriunda do rompimento de agregados pelo impacto das gotas de chuva, obstruindo os poros e gerando uma camada muito compactada na superfície. Ainda se observa compactação no horizonte AB, evidenciada pela presença de blocos subangulares de tamanho médio. A presença de agregados demonstra que este horizonte está menos compactado que o superior. No horizonte B21 observam-se agregados de tamanho médio, e os horizontes B22 e B23 apresentam agregados pequenos e de forte estruturação, típicos de B latossólico, conforme descrito pela EMBRAPA (1988). As raízes são finas comuns nos horizontes AB, B21 e B22 e finas poucas no horizonte B23.

OLIVEIRA & MENK (1984) referem-se à estrutura em bloco no horizonte superficial como sinal de alteração

causada por cultivo, concordando com o observado nesses solos.

No perfil 3 (soja), embora seja observada compactação, essa se mostra menos intensa, mesmo no horizonte superficial, pois além de blocos subangulares médios e grandes, ocorrem, nesse horizonte, agregados de tamanho médio e raízes médias abundantes. O horizonte AB apresenta estrutura granular de tamanho médio, embora quando seco esse horizonte mostre-se muito compactado, e no B21 a estrutura já apresenta o aspecto de B latossólico, ainda que os agregados apresentem tamanho médio. As raízes nesses dois horizontes apresentam-se finas e comuns. Os horizontes B22 e B23 são tipicamente latossólicos, com estrutura forte ultrafina granular e raízes muito finas e poucas.

É possível que o ferro tenha atuado, pois os perfis de Latossolo Roxo, cujo teor de ferro é superior ao do Vermelho Escuro, parecem apresentar-se mais agregados. Vários autores determinaram o efeito agregante do ferro, tais como CHESTER et al., 1957; HARRIS et al., 1966; KONONOVA, 1975; BATES, 1984 e DADES, 1984.

O perfil 4, sob cultura perene, apresenta estrutura granular, com agregados de diâmetros pequenos a médios no horizonte superior, onde seriam esperados agregados maiores; é, então, possível supor que o cultivo tenha provocado a divisão das unidades maiores em agregados pequenos. Este

horizonte apresenta raízes finas abundantes. O horizonte AB mostra-se bastante compactado, com a presença de blocos subangulares, médios e grandes e raízes médias e finas abundantes. A estrutura em blocos também está presente no horizonte B21, embora de tamanho menor, em unidades pequenas e médias, associada à estrutura granular, de diâmetro pequeno.

Observa-se, nos horizontes B21, B22 e B23 a presença de raízes grossas e médias abundantes.

Os horizontes B22 e B23, assim como nos demais perfis, mostram-se tipicamente B latossólicos, com estrutura forte ultrafina granular. Esse perfil, apesar da compactação marcante nos horizontes superiores, apresenta intensa atividade biológica em todo o corpo do solo.

4.3.MICROESTRUTURA

As descrições pormenorizadas das lâminas (secções delgadas) estão em anexo, no apêndice 1. Em seguida são apresentados alguns aspectos mais diretamente ligados aos propósitos pretendidos.

4.3.1.HORIZONTES AB

As 4 amostras analisadas apresentaram uma microestrutura constituída por micropeds simples, arredondados e irregulares, com tamanho médio de 0,03 mm de diâmetro (Fig. 4). Na maior parte da área das lâminas esses micropeds simples aparecem fundidos uns aos outros, formando agregados compostos, com diâmetros que variam de 0,05 a 2,0 mm. Observa-se também que os agregados compostos apresentam-se muitas vezes unidos uns aos outros por braços de plasma.

A amostra do perfil 1 (mata) parece ser, dentre as 4 amostras analisadas, a que apresenta maior proporção de micropeds simples ou compostos individualizados, ou seja, que não foram unidos por qualquer tipo de pressão.

Uma distribuição dos grãos em relação ao plasma do tipo intertética (LIMA, 1985), onde os grãos ocorrem envoltos por uma matriz bastante porosa, foi observada, na

maior parte da área das lâminas, para as quatro amostras analisadas.

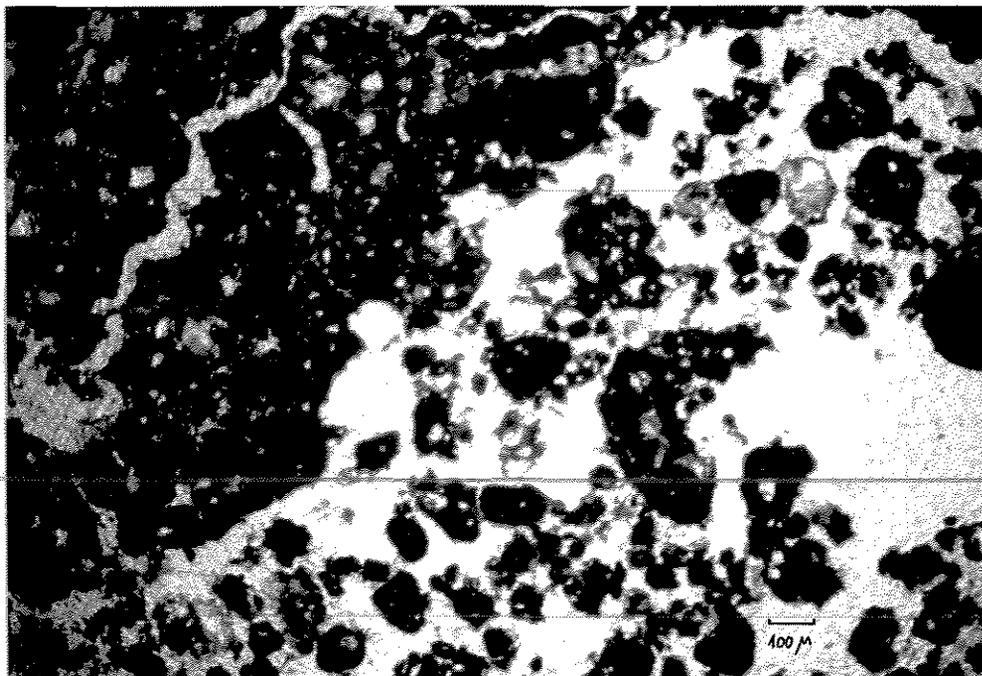


Fig. 4 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (12-32 cm) do perfil 3 (soja), mostrando micropeds preenchendo um pedotubo, cujas paredes encontram-se muito adensadas.

As amostras dos perfis 1 (mata), 3 (soja) e 4 (abacate) apresentam, além da distribuição intertética, distribuição do tipo aglutínica, correspondente ao termo "agglutinic" (ESWARAN & BAÑOS, 1976), onde o plasma encontra-se agregado, incorporando os grãos de areia. Segundo esses

autores, esta distribuição é típica dos Oxissolos de textura argilosa.

Nas amostras dos perfis 2 (soja), 3 (soja) e 4 (abacate) observou-se, adicionalmente, em áreas localizadas das lâminas, a ocorrência de distribuição do tipo porfirogrânica (LIMA, op.cit.), onde os grãos ocorrem envoltos por um plasma mais contínuo, com pequena individualização em microagregados (Figs. 5, 6, 7). De acordo com BREWER (1976), a matriz que apresenta este tipo de distribuição tem uma alta proporção de poros ultramicroscópicos ($< 5 \mu\text{m}$).

A distribuição dos grãos em relação ao plasma das 4 amostras analisadas demonstrou principalmente que a amostra do perfil 2 (soja), por não apresentar distribuição aglutínica, é a que mostra um material menos individualizado em micropeds, e que a amostra do perfil 1 (mata) parece ser a que apresenta maior proporção de micropeds individualizados, concordando com BENNEMA et al. (1970), o que parece indicar seu maior grau de estruturação (Fig. 8).

Em relação à porosidade, as 4 amostras apresentam predominância de poros do tipo empilhamento compostos (LIMA, op.cit.), caracterizados pelo empilhamento de micropeds que não se acomodam uns aos outros.

Nas amostras dos perfis 2 (soja), 3 (Soja) e 4 (abacate) observa-se também a presença de poros aplainados

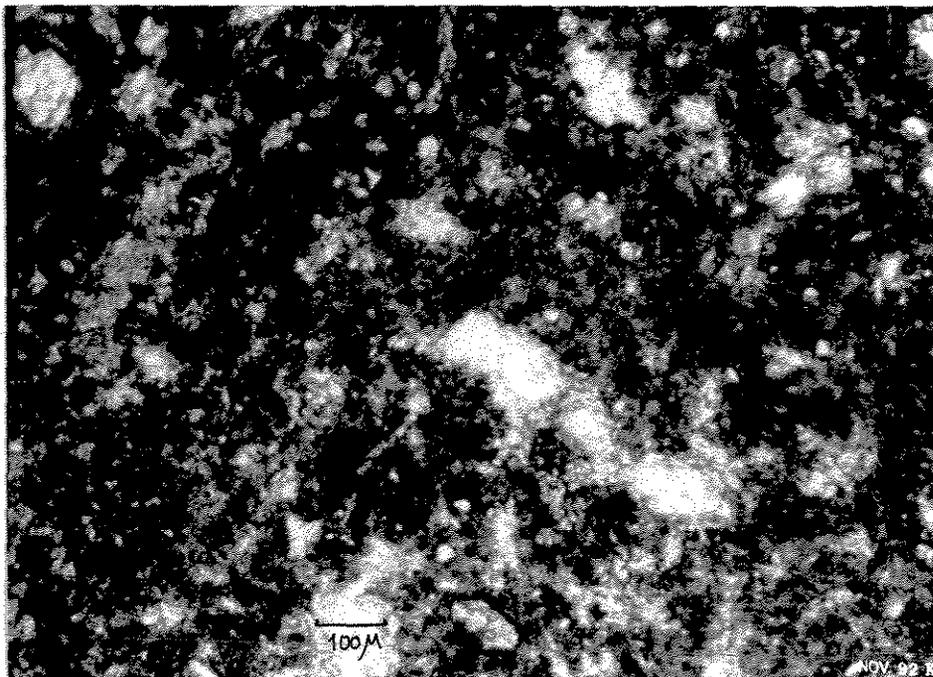


Fig. 5 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (23 - 33 cm) do perfil 2 (soja), mostrando plasma contínuo e grãos.

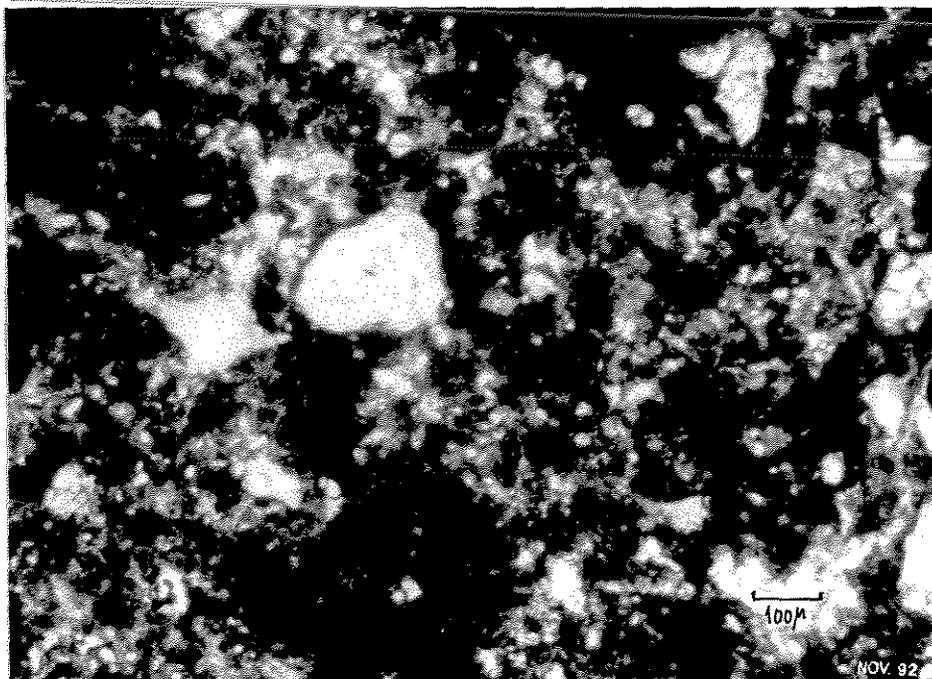


Fig. 6 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (15 - 25 cm) do perfil 3 (soja), mostrando plasma contínuo, grãos e carvão.

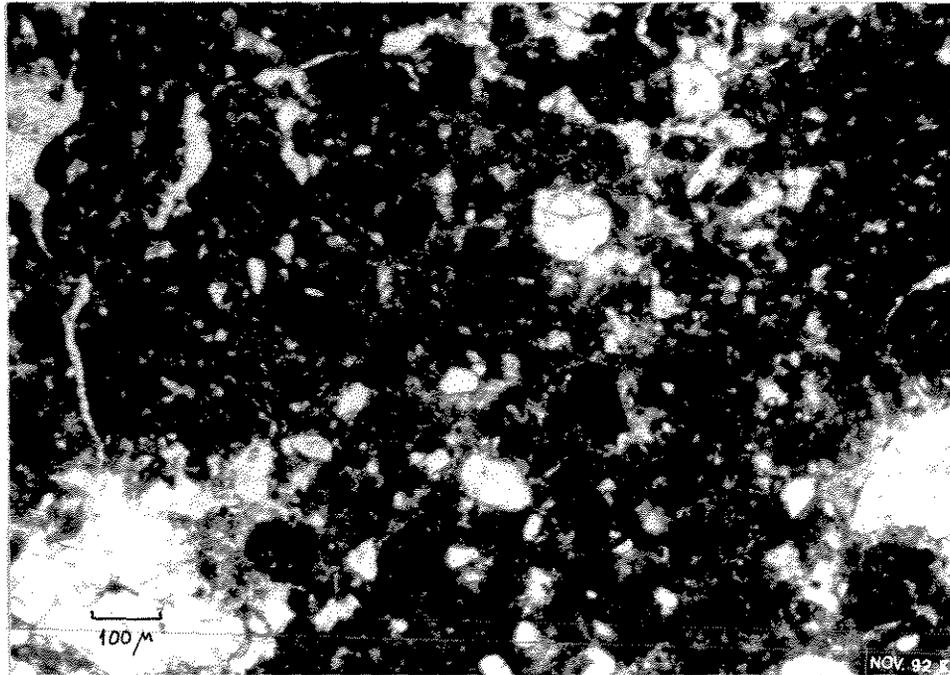


Fig. 7 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (17 - 27 cm) do perfil 4 (abacate), mostrando plasma contínuo, grãos e carvão.

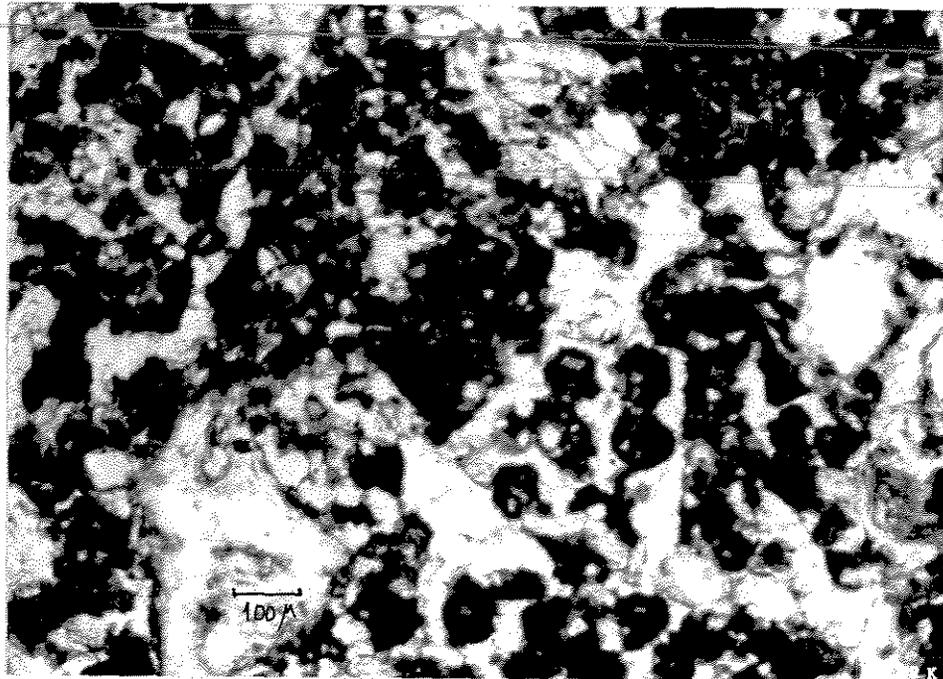


Fig. 8 - Fotomicrografia em luz plana de parte do do horizonte AB (27 - 37 cm) do perfil 1 (mata), mostrando estrutura característica de Latossolo, com agregados bem distintos e poros grandes.

irregulares (LIMA, op. cit.), nas áreas onde os microagregados fundidos ocupam maiores extensões e que são caracterizadas pela distribuição do tipo porfirogrânica.

Na amostra do perfil 1 (mata) constata-se, além dos poros de empilhamento compostos, a presença de canais, também observados por KERTZMAN (1989), em Latossolos Roxos da região de Guaira, Estado de São Paulo. De acordo com BREWER (op.cit), a origem mais provável para a formação deste tipo de poro é a atividade da fauna do solo e a distribuição do sistema radicular.

A porcentagem de poros em relação aos outros constituintes do material do solo (grãos, plasma e feições pedológicas) não varia consideravelmente para as quatro amostras, sendo que a maior diferença é entre o perfil 4 (abacate) e o perfil 1 (mata), com respectivamente 30 e 20% de porosidade, sendo que os outros dois perfis apresentam 23% de porosidade.

Observam-se vestígios de atividade biológica, com a presença de pelotas fecais/orais ou raízes decompostas nas quatro amostras.

A amostra do perfil 1 (mata) parece ser a que apresenta maior quantidade de pelotas fecais/orais, individualizadas ou fundidas, com a mesma coloração da matriz ao redor, isto é, sem escurecimento por material orgânico. Com exceção do perfil 2 (soja), observam-se, nos horizontes,

estruturas arredondadas a irregulares, individualizadas ou fundidas, com a mesma coloração da matriz abrangente, sem escurecimento por matéria orgânica. Parecem ser o produto da manipulação do material do próprio horizonte pela fauna do solo, isto é, parecem ser pelotas fecais e/ou orais. A amostra do perfil 1 (mata) parece ser a que apresenta maior quantidade de pelotas e de raízes (Fig. 9).

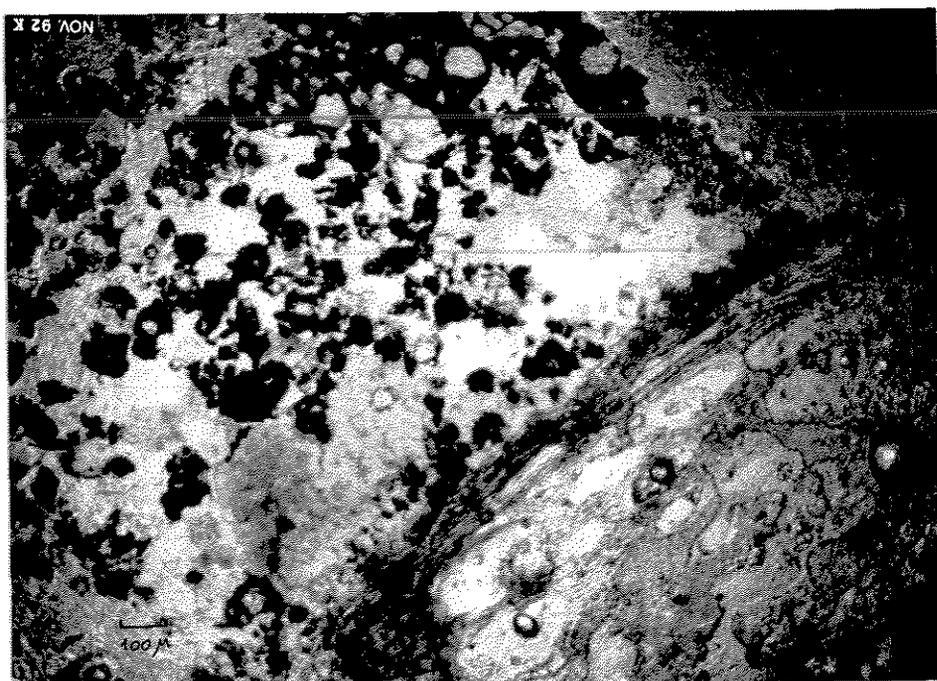


Fig. 9 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte AB (20-45 cm) do perfil 1 (mata), mostrando corte transversal do tecido vegetal com micropeds individualizados ao redor.

A estrutura plásmica insépica (LIMA, op.cit.) parece ser a que predomina nas amostras dos perfis 1 (mata), 2 (soja) e 4 (abacate).

Na amostra do perfil 1 (mata) observa-se, adicionalmente, a ocorrência de zonas localizadas onde a estrutura plásmica é praticamente isótica (LIMA, op.cit.), isto é, sem domínios anisotrópicos.

Na amostra do perfil 4 (abacate), além da estrutura plásmica insépica, observa-se a presença de estrutura do tipo estriada circular concêntrica (BULLOCK et al., 1985), onde as zonas anisotrópicas aparecem arranjadas em anéis concêntricos, em geral acompanhando o formato da superfície dos micropeds. Segundo este autor, este tipo de estrutura plásmica é típica de horizonte óxico.

Na amostra do perfil 3 (soja) a estrutura plásmica apresenta-se predominantemente isótica, com tendência a estriada circular concêntrica.

A amostra do perfil 2 (soja) foi a única onde a estrutura plásmica massépica (LIMA, op.cit.) apareceu em áreas isoladas. Este tipo de estrutura plásmica caracteriza-se pela presença de zonas de separações plásmicas estriadas alongadas, paralelas e subparalelas. Estas estruturas são muitas vezes formadas em consequência de tensões provocadas pelos processos de expansão e contração do material do solo (BREWER, 1976). Isto parece ser mais frequente nos solos com

argila de atividade alta. Como o valor T (atividade de argila) desta amostra é semelhante ao das demais, parece que a presença das zonas estriadas é indicativa de que o horizonte está sendo submetido a maiores tensões provenientes do manejo agrícola com maquinaria pesada.

Os resultados obtidos nesse trabalho concordam com o que KERTZMAN (op.cit.) observou, estudando Latossolos Roxos submetidos ao cultivo, onde a camada superior a 40 cm apresenta estrutura alterada, de organização mais densa e menor espaço poroso, evidenciando os efeitos do cultivo na estrutura natural dos Latossolos.

4.3.2. HORIZONTES B23

As amostras provenientes dos horizontes B23 apresentam-se tipicamente latossólicas, sem qualquer característica alheia a esse padrão (Fig. 10, 11, 12, 13).

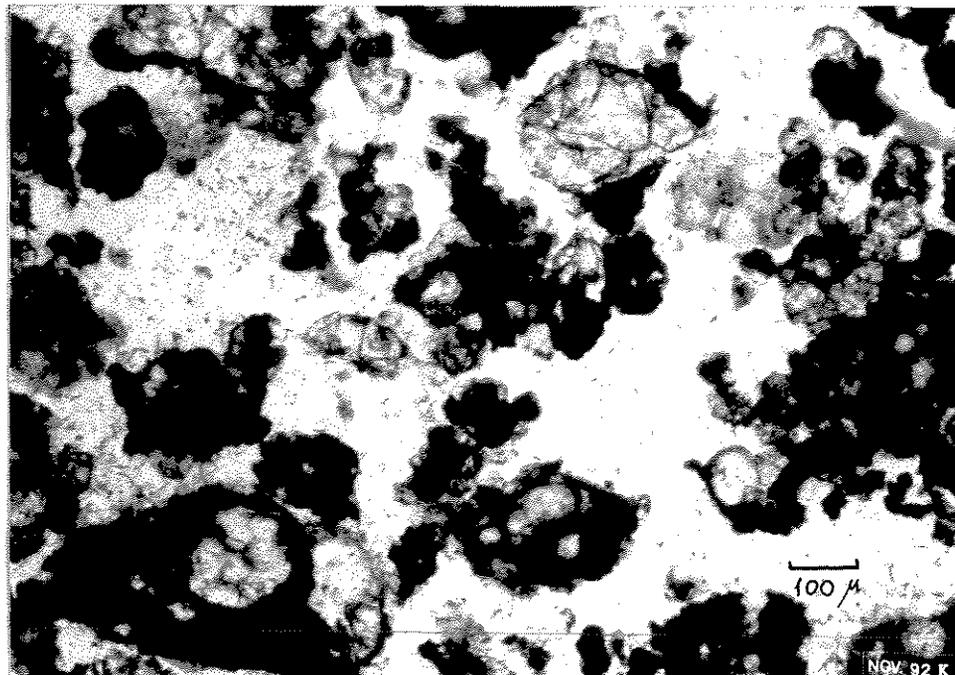


Fig. 10 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B21 (55 - 65 cm) do perfil 1 (mata), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos.

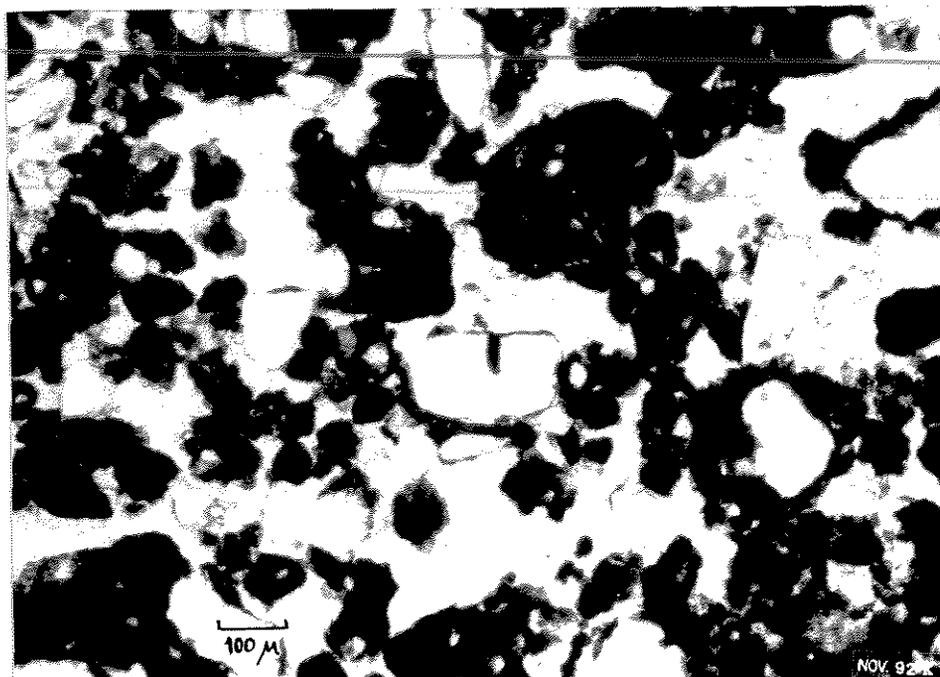


Fig. 11 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (107 -127 cm) do perfil 2 (soja), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos.

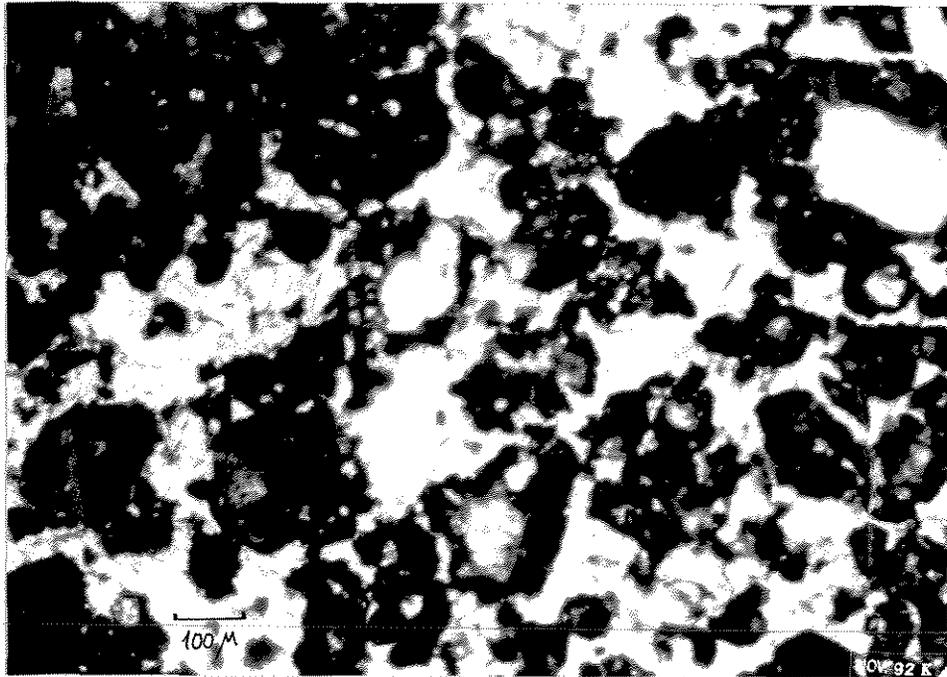


Fig. 12 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (110 - 120 cm) do perfil 3 (soja), mostrando microestrutura granular e poros de empilhamento compostos.

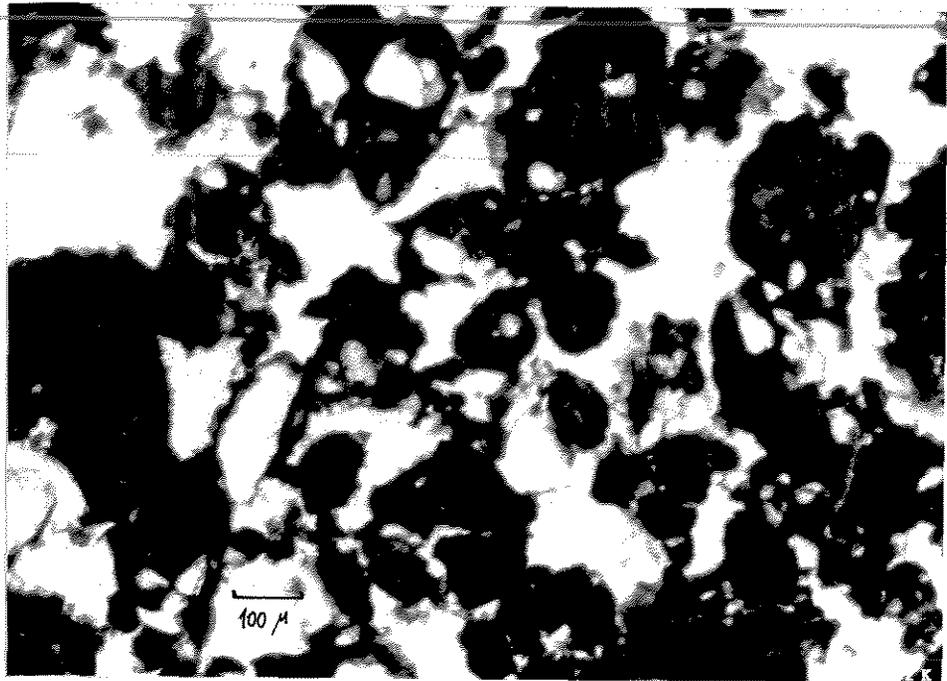


Fig. 13 - Fotomicrografia em luz plana de parte do horizonte B23 (112 - 122 cm) do perfil 4 (abacate), mostrando o interior de um pedotubo, preenchido por micropeds individualizados. Esta estrutura foi considerada típica dada sua abrangência.

4.4. INFILTRAÇÃO

Os resultados dos testes de infiltração, dispostos na Tabela 1, mostram-se bastante coerentes com o esperado e com os demais resultados obtidos.

Tabela 1 - Resultados do teste de infiltração (mm/min) de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4) (média de 4 determinações)

AMOSTRA	CARGA HIDRÁULICA 3 CM	CARGA HIDRÁULICA 6 CM
<u>PERFIL 1 (MATA)</u>		
A	30,97	47,75
AB	24,61	26,09
<u>PERFIL 2 (SOJA)</u>		
Ap	2,87	6,00
AB	2,73	1,81
<u>PERFIL 4 (ABACATE)</u>		
Ap	9,16	9,60
AB	14,60	13,54

A taxa de infiltração foi bastante superior no solo sob mata, em relação aos cultivados, sendo que no perfil 4 (abacate) a taxa de infiltração foi maior do que no perfil 2 (soja). Isso é possivelmente devido ao maior número de macroporos e canais biológicos, ou seja, a melhor

estruturação do perfil 4, sob cultura perene, em relação ao perfil 2 (soja), intensamente mobilizado.

Observa-se também que a taxa de infiltração é superior, de modo geral, para 6 cm de carga hidráulica, como também era esperado, posto que, neste caso, a área de contato água-solo, bem como a força peso da água são obviamente maiores em relação às obtidas para 3 cm. Algumas exceções foram observadas, o que se refletiu nas medidas apresentadas na Tab. 1. A explicação pode estar relacionada com a existência de um canal preferencial, ou seja, um canal biológico, de diâmetro grande, onde a infiltração se daria de forma mais rápida. É possível que este canal não estivesse completamente saturado quando do início do teste, para 3 cm de carga hidráulica, ou seja, que o tempo de estabilização tenha sido insuficiente neste caso, permitindo, então, maior infiltração. Porém, quando o teste para 6 cm foi iniciado, a saturação provavelmente ter-se-ia verificado, anulando o efeito desse canal e normalizando a infiltração.

As Figs. 14 e 15, de valores de taxa de infiltração para cargas hidráulicas de 3 cm e de 6 cm, respectivamente, mostram que o perfil 1 (mata) apresentou taxa de infiltração bastante elevada a 10 cm de profundidade, ou seja, no horizonte A, em relação a amostragem a 30 cm de profundidade, ocorrendo comportamento semelhante nos testes com carga hidráulica de 3 cm e de 6 cm. Esse resultado é coerente com a

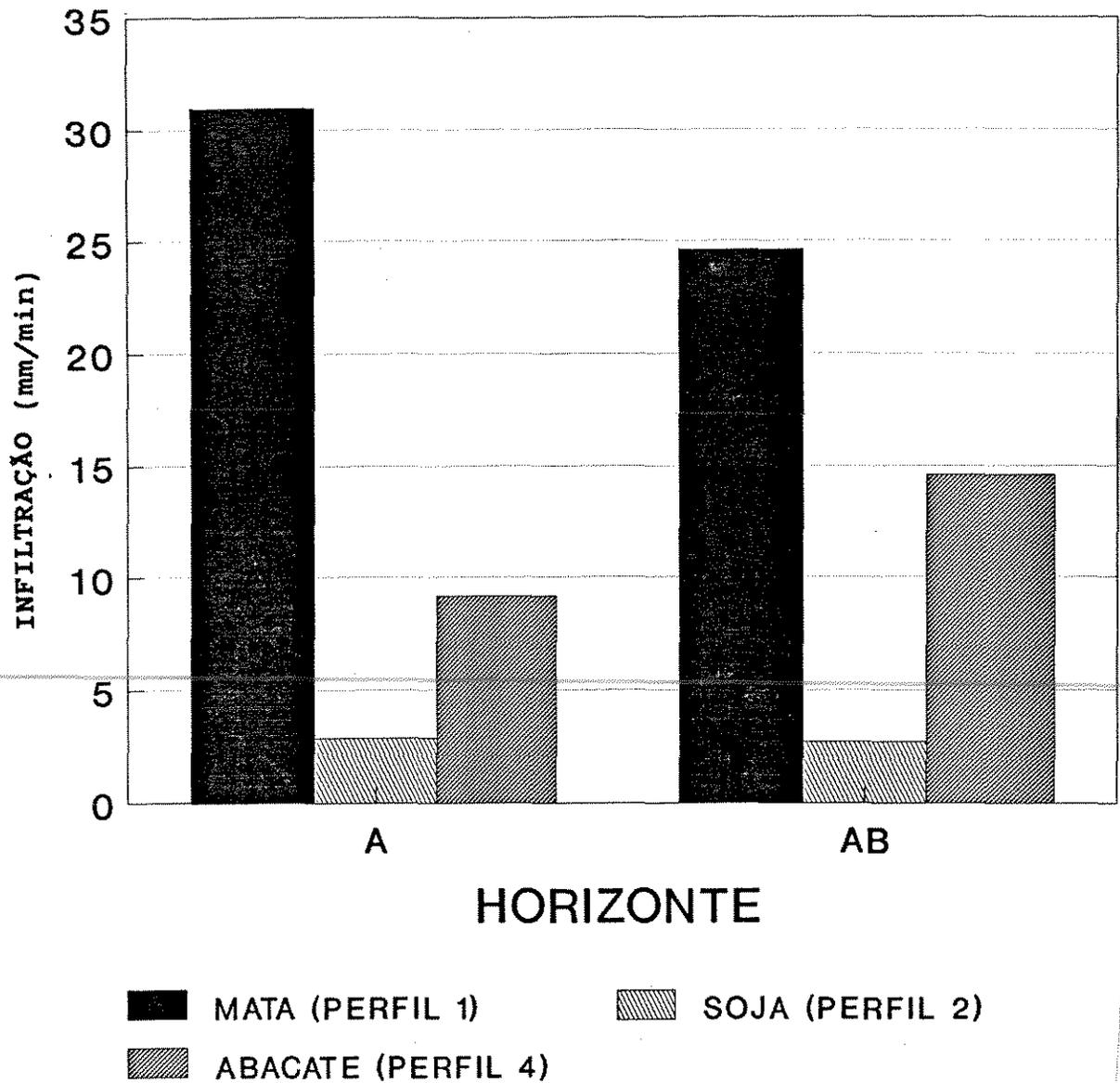


Fig. 14 - Comportamento da infiltração, para carga hidráulica de 3 cm, nos horizontes A (Ap) e AB dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4).

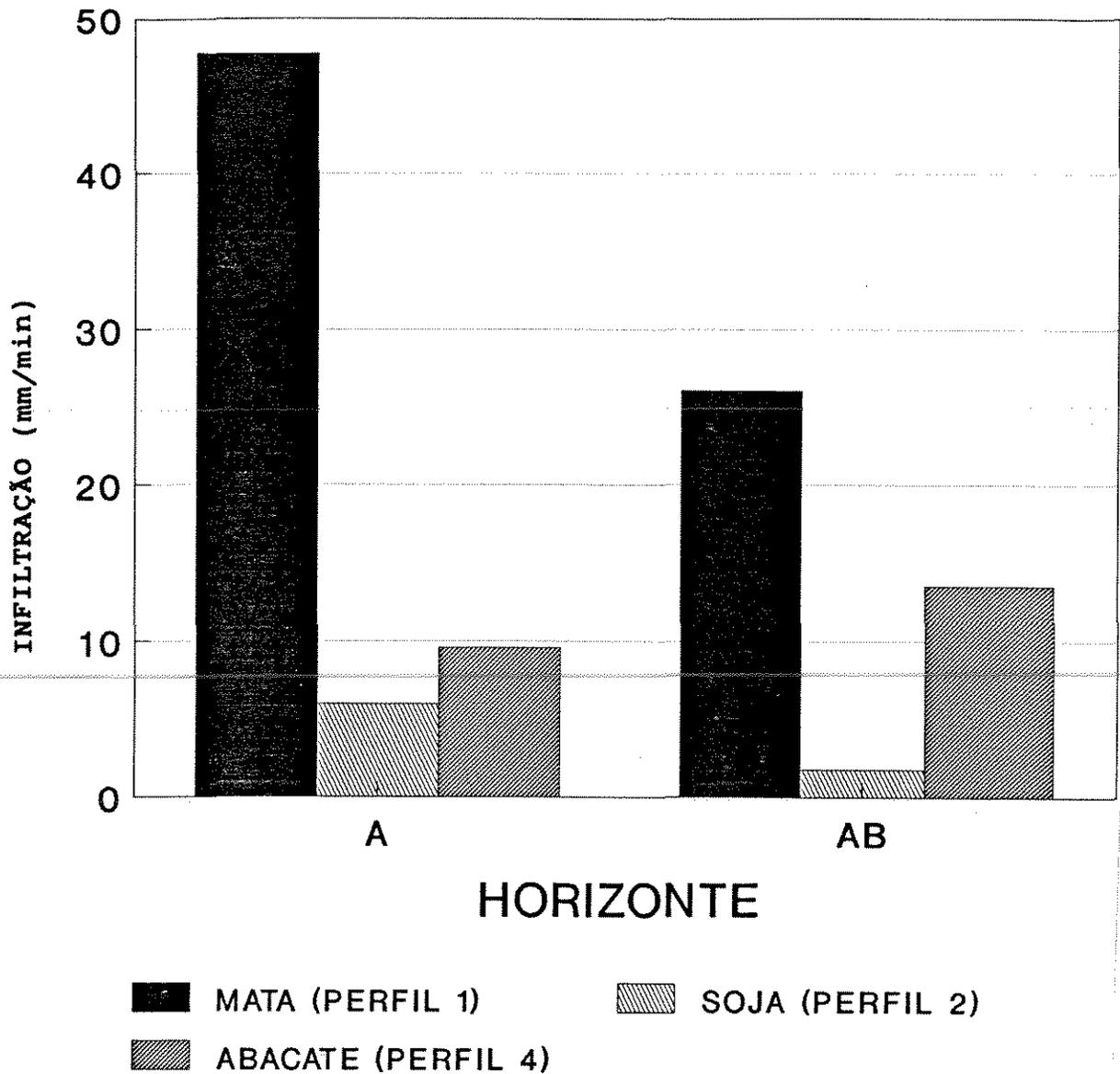


Fig. 15 - Comportamento da infiltração, para carga hidráulica de 6 cm, nos horizontes A (Ap) e AB dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4).

estrutura apresentada por este horizonte, composta por grumos grandes e porosos, enquanto que o horizonte AB, que compreende os pontos amostrados a 30 cm, apresenta estrutura média a pequena granular. A existência de poros de diâmetro grande permitiria maior velocidade de infiltração.

Para o perfil 2 (soja), a amostragem a 10 cm de profundidade no horizonte Ap mostrou-se parcialmente imprecisa, pelo que se depreende dos resultados. Tendo a cavidade onde se instalou o aparelho 10 cm de profundidade, restaram apenas 5 cm abaixo dela, pertencentes ao mesmo horizonte, onde foi, então, testada a infiltração. Ainda que infiltração lateral possa ocorrer sob relevo suave, ela é usualmente maior verticalmente, inclusive pelo peso que a carga hidráulica exerce. Então, é possível afirmar que essa medição verificou-se em pequena porção do horizonte A e parte da transição entre os horizontes, ou mesmo em parte do horizonte AB.

Observando os resultados, que indicam taxa de infiltração superior para os pontos a 10 cm em relação aos pontos a 20 cm de profundidade, é possível supor que uma camada bastante compactada ("pé de arado"), possivelmente formada pelo implemento utilizado para mobilização do solo, esteja presente a 20 cm ou próximo a isto, posto que a taxa de infiltração aí foi muito baixa.

De qualquer modo, comparando os resultados de infiltração do perfil 2 (soja) com os obtidos para os perfis 1 (mata) e 4 (abacate), fica evidente a menor taxa de infiltração observada no perfil 2, sugerindo diferentes intensidades de compactação para o perfil 2 (soja) e o perfil 4 (abacate) em relação ao perfil sob mata, concordando com CINTRA et al, 1983 e CENTURION & DEMATTÊ, 1985.

Em relação ao perfil 4 (abacate), o problema anterior se repete, quando da determinação no horizonte Ap. Então, considerando-se que os pontos a 10 cm possivelmente também avaliaram em maior extensão a capacidade de infiltração do horizonte AB, e que a taxa de infiltração foi menor nesse ponto em relação a do ponto a 20 cm, é possível supor que o horizonte AB esteja mais compactado que o subjacente.

4.5. ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO

Os resultados obtidos para argila dispersa em água e grau de floculação, encontrados na Tabela 2 e Fig. 16, parecem indicar que o teor de matéria orgânica é o fator que mais influenciou o processo de dispersão de partículas do solo em questão.

EL-SWAIFY (1970) e BAVER et al. (1972), citando Schofield e Sanson, explicam que a floculação em meios onde predomina a caulinita é causada pela atração entre superfícies negativamente carregadas e bordas positivamente carregadas das argilas e, segundo SCHWERTMANN & TAYLOR (1977), com participação dos óxidos de ferro livre, também com cargas positivas, que funcionam como pontes entre as partículas de argila.

A matéria orgânica pode interferir nesse sistema, pois é capaz de ligar-se às bordas positivamente carregadas das argilas, o que impede uma união direta entre essas partículas e diminui, assim, a floculação. Além disso, a matéria orgânica libera para o solo cargas negativas, o que contribui para a diminuição do ponto isoelétrico, ou seja, o ponto isoelétrico seria atingido em valores mais baixos de pH (VAN RAIJ & PEECH, 1977). Então, as camadas com teores mais elevados de matéria orgânica apresentarão uma porcentagem maior de cargas negativas em relação às positivas, o que, segundo FASSBENDER (1984), intensificará a repulsão entre as partículas.

Tabela 2 - Valores percentuais de argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF) percentual e porcentagem de matéria orgânica (MO) de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4)

AMOSTRA	PROF. (cm)	ADA(%)	GF(%)	MO(%)
PERFIL 1 (MATA)				
Ap	0 - 10	29	23,68	6,6
AB	10 - 45	33	31,25	1,9
B21	45 - 75	31	34,04	1,2
B22	75 - 97	0	100,00	1,0
B23	97 - 125 _(+,+)	0	100,00	0,8
PERFIL 2 (SOJA)				
Ap	0 - 15	35	31,37	3,0
AB	15 - 42	34	38,18	2,0
B21	42 - 70	1	98,24	1,3
B22	70 - 100	0	100,00	1,1
B23	100 - 125 _(+,+)	0	100,00	1,1
PERFIL 3 (SOJA)				
Ap	0 - 12	40	28,57	3,3
AB	12 - 32	42	26,32	2,7
B21	32 - 60	43	32,81	2,2
B22	60 - 100	41	31,66	2,1
B23	100 - 130 _(+,+)	43	30,64	2,8
PERFIL 4 (ABACATE)				
Ap	0 - 10	35	28,57	3,2
AB	10 - 32	35	35,18	3,2
B21	32 - 70	43	23,21	2,5
B22	70 - 100	5	91,38	1,3
B23	100 - 135 _(+,+)	0	100,00	1,3

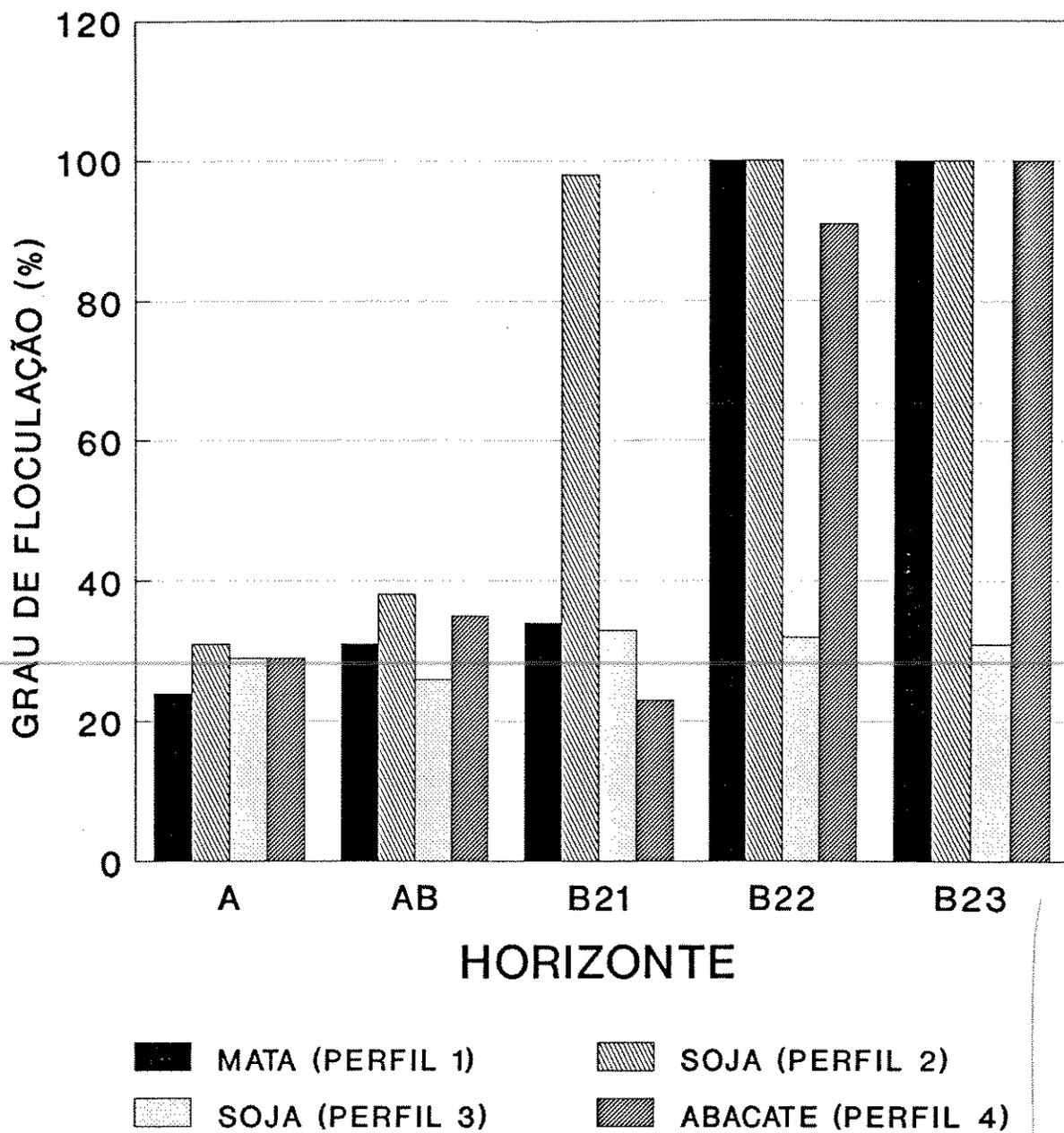


Fig. 16 - Comportamento do grau de floculação nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

Quando o teor de matéria orgânica se apresenta próximo a 1,5%, parece haver uma alteração no grau de floculação, para todos os perfis estudados, com exceção do perfil 1 (mata), horizonte B21, onde, para teor de matéria orgânica igual a 1,25% o grau de floculação é igual a 34,4%, quando seria esperado um valor mais elevado deste parâmetro. Entretanto, a referida relação pode ser observada para os horizontes subsequentes. Os perfis 2 (soja) e 4 (abacate) comportam-se segundo essa relação. Então, é possível dizer que o grau de floculação aproxima-se de 100% quando o teor de matéria orgânica está próximo de 1,5%, sendo o efeito mais marcante para a floculação quando o teor de matéria orgânica apresenta-se inferior a esse valor. É possível apreender, então, a influência direta do teor de matéria orgânica na agregação de latossolos argilosos, provocando dispersão das partículas de solo, tão maior quanto mais elevado o teor de material orgânico. É possível apreender, então, a influência direta do teor de matéria orgânica na agregação de latossolos argilosos, provocando dispersão das partículas de solo, tão maior quanto mais elevado o teor de matéria orgânica. Tal relação também pode ser observada nos resultados apresentados por OLIVEIRA & MENK (1984), para um Latossolo Roxo Unidade Barão Geraldo, sob mata, e para um Latossolo Roxo Unidade Ribeirão Preto, sob capoeira.

O delta pH é um índice usado como estimativa de balanço de cargas, indicando qual delas predomina. RANDO (1981) comenta que esse índice deve ser interpretado com cuidado, posto que não é a expressão da quantidade absoluta de cargas positivas ou negativas do solo.

No presente trabalho, não foi observada uma tendência de comportamento do delta pH, senão no perfil 4 (abacate), onde existe relação inversa entre o grau de floculação e o delta pH, ou seja, o grau de floculação aumenta conforme o delta pH aproxima-se de zero.

Observa-se, ainda, uma relação semelhante entre o ~~teor de hidrogênio e o grau de floculação, em todos os~~ perfis. No perfil 3 (soja), devido ao elevado teor de cálcio e magnésio nos horizontes Ap e AB, o teor de hidrogênio é relativamente baixo, porém, nos horizontes subsequentes, com a diminuição do teor desses íons, os valores encontrados para o hidrogênio são bastante elevados, provavelmente em consequência dos teores de matéria orgânica, e o grau de floculação, conseqüentemente, é baixo. O perfil 1 (mata) apresenta tendência semelhante no horizonte A, com valores ainda mais elevados de cálcio e magnésio. Porém, como o teor de matéria orgânica é bastante elevado, o teor de hidrogênio é alto, caindo nos horizontes subsequentes, juntamente com os teores de matéria orgânica e cálcio e magnésio.

Comparando-se as frações areia, silte e argila obtidas pelo tratamento com ácido clorídrico com aquelas obtidas de forma convencional, tratadas com solução dispersante de soda (NaOH) mais calgon (hexametáfosfato de sódio), observa-se que as amostras tratadas com o ácido apresentam menores quantidades de areia e silte, o que representa, portanto, um aumento da fração argila, conforme dados da Tabela 3.

Disso é possível dizer que uma certa porcentagem considerada como fração grosseira era, na verdade, constituída por agregados de partículas primárias, com importante quantidade da fração silte constituída por argila floculada. Observa-se, também, maiores valores de silte nos horizontes superficiais, concordando com os resultados obtidos por PÉDRO et al. (1976) e ESPINDOLA & GALHEGO (1981).

Esses resultados indicam a tendência desses solos à agregação das partículas, da mesma forma que refletem o efeito do cultivo nessa característica. O perfil 1, sob mata, apresentou os valores mais elevados de pseudopartículas, indicando, portanto, elevada agregação, seguido pelo horizonte superficial do perfil 4 (abacate), pelo perfil 3 (soja) e finalmente pelo perfil 2 (soja), cuja pequena diferença entre os resultados dos tratamentos indica ser este perfil o de menor agregação.

Tabela 3 - Valores de análise granulométrica utilizando hidróxido de sódio e ácido clorídrico a 50% como dispersantes e valores absolutos da diferença entre esses tratamentos

AMOSTRA	Calgon + NaOH			HCl 50%			DIFERENÇA		
	Ar	S	Arg	Ar	S	Arg	Ar	S	Arg
PERFIL 1 (MATA)									
Ap	33	29	38	31	9	60	-2	-20	+22
AB	30	22	48	25	9	66	-5	-13	+18
B23	27	24	49	28	9	63	+1	-15	+14
PERFIL 2 (SOJA)									
Ap	30	19	51	30	9	61	0	-10	+10
AB	30	15	55	28	9	63	-2	-6	+8
B23	27	17	56	26	10	64	-1	-7	+8
PERFIL 3 (SOJA)									
Ap	21	23	56	17	10	63	-4	-13	+17
AB	19	24	57	17	8	75	-2	-16	+18
B23	19	19	62	14	9	77	-5	-10	+15
PERFIL 4 (ABACATE)									
Ap	28	23	49	23	8	69	-5	-15	+20
AB	30	16	54	26	8	66	-4	-8	+12
B23	23	18	59	23	4	73	0	-14	+14

Ar= areia; S= silte; Arg= argila

4.7. ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA

Considerando que o coeficiente de variação entre resultados provenientes de subamostras deve ser inferior a 7% (KEMPER & CHEPIL, 1965; ANGULO et al., 1984), apenas parte dos resultados obtidos poderá ser usada como índice de estabilidade estrutural. A Tab. 4 mostra os valores de diâmetro médio ponderado e geométrico obtidos a partir do valor médio entre dados cujos coeficientes de variação encontram-se dentro do limite recomendado. Os demais resultados de diâmetro médio ponderado, bem como os respectivos coeficientes de variação, encontram-se no apêndice 2.

Dessa forma, os resultados prestam-se apenas como apoio para os obtidos nas demais determinações, posto que não é possível proceder a uma avaliação comparativa entre os vários manejos, com exceção para os perfis 1 (mata) e 2 (soja), onde é possível observar o efeito do cultivo, reduzindo muito o diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados da área com soja. A medida que o diâmetro médio dos agregados diminui, observa-se maior alteração estrutural, visualizada em campo pela presença de blocos subangulares de tamanho médio, que expressam a compactação desses horizontes, concordando com ABRÃO et al, 1979; RANDO, 1981; MORAES, 1984; CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990 e ROTH et al, 1991.

Esses resultados são coerentes com os obtidos na análise de pseudopartículas texturais, posto que o perfil 2 (soja) foi o que apresentou menor diferença entre os valores determinados nos tratamentos com e sem ácido, ou seja, dentre todos, esse perfil apresentou menor índice de agregação de partículas. A compactação nos horizontes Ap e AB, apontada na descrição morfológica, bem como as observações micromorfológicas de que este perfil foi o que apresentou, para o horizonte AB, a menor porcentagem de microagregados, e também a menor taxa de infiltração entre os perfis testados, endossam a alteração estrutural do perfil 2 (soja). Rovira & Greacen, citados por FORTUN & FORTUN (1989), relatam o efeito do cultivo na diminuição da estabilidade dos agregados, relacionado à oxidação da matéria orgânica decorrente de sua exposição, quando do fracionamento das unidades estruturais pela mobilização do solo. No perfil 1 (mata), os valores elevados de pseudopartículas nas frações silte e areia que, na realidade, tratavam-se de partículas mais finas, agregadas, vêm confirmar os níveis de agregação nesse perfil.

No perfil 4 (abacate) observa-se que o horizonte AB apresenta valores de diâmetro médio ponderado e geométrico bastante baixos, semelhantes aos encontrados para o horizonte Ap do perfil 2 (soja), elevando-se no horizonte subjacente. Este horizonte foi o que apresentou menor valor de

pseudopartículas, no perfil em questão, valor este pouco superior ao do perfil 2 (soja), para o mesmo horizonte.

Tabela 4 - Valores de diâmetro médio ponderado (DMP) e geométrico (DMG) de agregados do solo e coeficiente de variação (CV) de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4)

AMOSTRA	PROF. (cm)	DMP	DMG	CV(%)
PERFIL 1 (MATA)				
Ap	0 - 20	3,725	...	0,65
AB	20 - 45	1,9439	1,3	1,43
B21	45 - 75	1,4817	0,75	3,58
PERFIL 2 (SOJA)				
Ap	0 - 15	1,10	0,42	6,20
AB	15 - 42	1,22	0,52	3,35
B22	70 - 100	1,39	0,64	1,29
PERFIL 4 (ABACATE)				
AB	10 - 32	1,14	0,52	0,91
B21	32 - 70	1,87	1,12	6,92

Considerando os agregados maiores que 2 mm também como um padrão de estabilidade em água (CONAWAY JR. et al., 1962; ANGULO et al., 1984), observa-se, pelo exposto na Tab. 5, que mostra valores de peso porcentual de agregados para frações de diâmetro igual ou superior a 2 mm e para frações inferiores a esse valor, que nos horizontes Ap e AB, de modo

geral os mais atingidos pelos cultivo, a diferença é muito pronunciada entre o solo sob mata e o solo cultivado, mostrando o efeito do cultivo na diminuição do diâmetro dos agregados, concordando com os resultados obtidos por MORAES (1984).

As possíveis causas para tamanha variação encontrada entre as subamostras devem estar relacionadas à composição dessas amostras, em relação a proporção de agregados de diferentes diâmetros em cada uma delas, o que, segundo KEMPER & CHEPIL (1965), pode levar a sub ou superestimação do diâmetro médio ponderado das amostras. BONI et al. (1991) atribuem os valores muito elevados de coeficiente de variação a erros determinados pela metodologia empregada, ou mesmo à variabilidade espacial da área. Segundo ANGULO et al. (op.cit.), isto pode ser evitado utilizando-se um número maior de subamostragens, que permite, então, a obtenção de coeficiente de variação inferior a 8%. Entretanto, BONI et al. (op.cit.) utilizaram 5 repetições, número superior ao recomendado por ANGULO et al. (op.cit.) como suficiente para que o coeficiente de variação se mantivesse abaixo de 8%, e ainda assim obtiveram valores acima desse limite.

Essas constatações levam à conclusão que essa metodologia merece ser revista, de modo a tornar-se mais adequada e específica para os fins a que se propõem ou para

os quais vem sendo utilizada. Numa tentativa de discutir esse problema, foi criada na IX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, em Julho de 1992, uma comissão especial para estudo da metodologia utilizada para análise de agregados do solo (BONI, informação pessoal).

Tabela 5 - Valores de porcentagem de agregados estáveis em água maiores e menores que 2 mm, de um mesmo solo (LE), sob mata (perfil 1) e sob cultivo convencional de soja (perfil 2)

AMOSTRA	> 2,00 mm	< 2,00 mm
---------	-----------	-----------

PERFIL 1 (MATA)

Ap	86,4	13,6
AB	34,1	65,9
B21	23,7	76,3
B22	...	...
B23	...	...

PERFIL 2 (SOJA)

Ap	16,3	83,7
AB	18,4	81,6
B21	...	...
B22	20,3	79,7
B23	... *	...

* onde ..., o coeficiente de variação foi superior ao limite aceito.

4.8. DENSIDADE

4.8.1. DENSIDADE GLOBAL

Os valores de densidade global para o perfil 1, sob mata, parecem ser um pouco elevados (Tabela 6 e Fig. 17), se comparados àqueles encontrados por LEPSCH & BUOL (1974), para um Latossolo Vermelho Escuro-Orto, sob mata (em média ao redor de $0,90 \text{ g/cm}^3$). Os autores citados referem-se a uma estrutura forte média grosseira granular para o horizonte superior, passando a fraca média blocos subangulares nos dois horizontes subsequentes, e voltando a forte muito fina granular e muito fraca blocos subangulares, estabilizando-se em forte muito fina granular no horizonte B22, o que caracteriza a estrutura do B latossólico, e evidencia para os horizontes superiores um adensamento, tendo sido esse perfil caracterizado como típico.

MORAES (1984), comparando alterações em características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro textura muito argilosa, submetido a diferentes sistemas de cultivo, apresenta dados de densidade global de um perfil sob cerrado natural, onde os valores estão próximos de $1,00 \text{ g/cm}^3$, com exceção daqueles referentes aos horizontes A3 e B1, $0,88$ e $0,87 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

Tabela 6 - Valores de densidade global de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4)

AMOSTRA	PROF. (cm)	DG (g/cm ³)
---------	------------	-------------------------

PERFIL 1 (MATA)

Ap	0 - 20	1,08
AB	20 - 45	1,07
B21	45 - 75	1,19
B22	75 - 97	1,08
B23	97 - 125 _↕	1,13

PERFIL 2 (SOJA)

Ap	0 - 15	1,30
AB	15 - 42	1,23
B21	42 - 70	1,11
B22	70 - 100	1,06
B23	100 - 125 _↕	1,06

PERFIL 3 (SOJA)

Ap	0 - 12	1,16
AB	12 - 32	1,16
B21	32 - 60	1,05
B22	60 - 100	1,01
B23	100 - 130 _↕	1,00

PERFIL 4 (ABACATE)

Ap	0 - 10	1,20
AB	10 - 32	1,30
B21	32 - 70	1,21
B22	70 - 100	1,13
B23	100 - 135 _↕	1,06

MACHADO et al. (1981), comparando efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, obteve os seguintes valores de densidade global, para um perfil sob mata: horizonte A1(0-

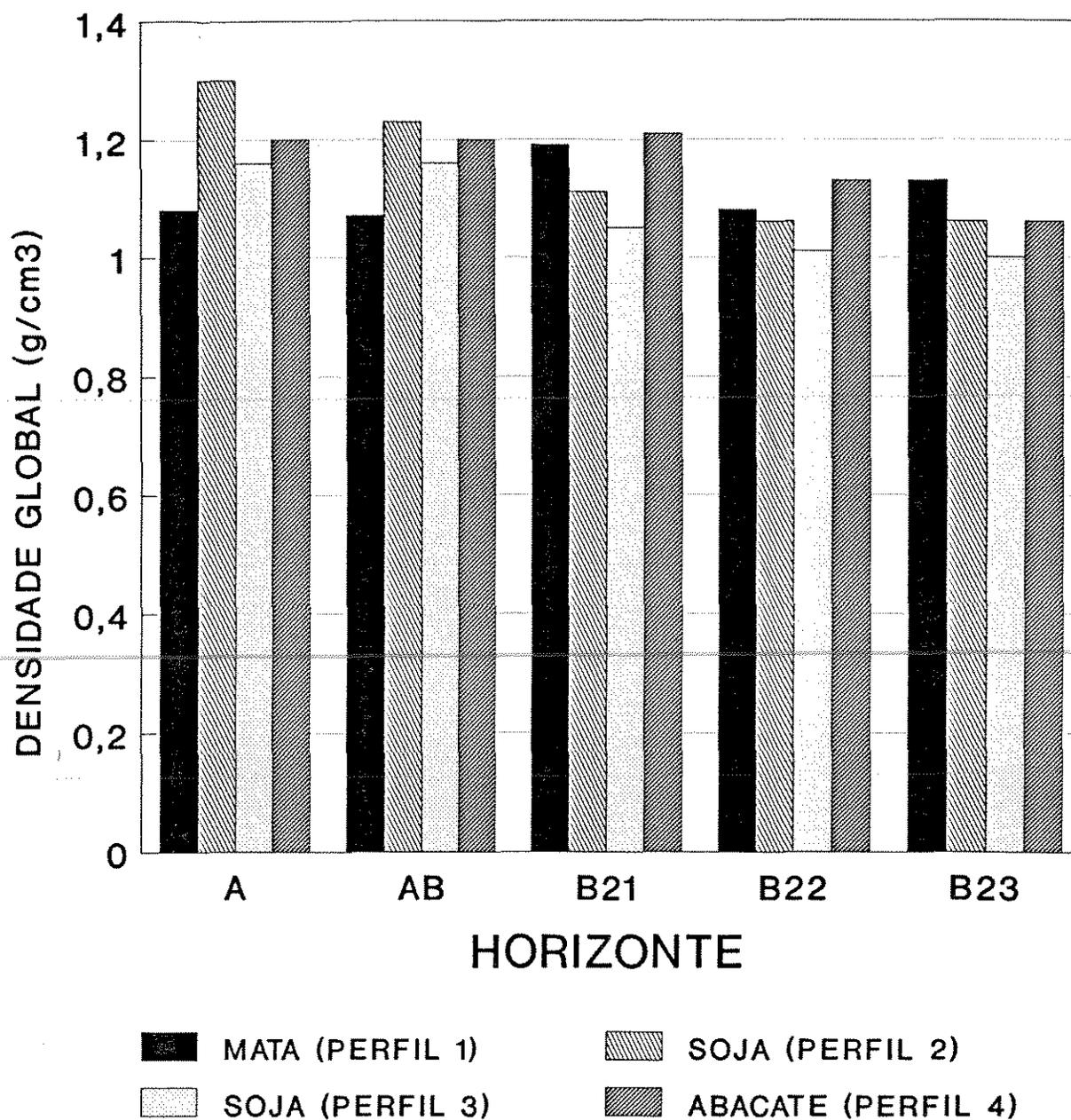


Fig. 17 - Comportamento da densidade global nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

25 cm) = 1,07 g/cm³; A3(25-51 cm) = 1,26 g/cm³; B1(51-77 cm) = 1,30 g/cm³; B21(77-110 cm) = 1,15 g/cm³ e B22(110-150 cm) = 1,09 g/cm³, de modo geral superiores àqueles encontrados no presente trabalho.

Ainda no perfil 1 (mata) observa-se que o horizonte B21 revela um aumento no valor da densidade global, que talvez possa ser devido a compressão exercida pela mesofauna do solo, ou por uma raiz, cuja ação pôde ser detectada na secção delgada confeccionada com material desse horizonte.

Nos solos com culturas os resultados mostram os efeitos do cultivo e do tráfego de máquinas, causando alterações na estrutura do solo e vindo confirmar o que já fora anteriormente observado, quando da descrição e coleta de amostras de solo no campo, concordando com resultados e afirmações de diversos autores, dentre os quais BUCKMAN & BRADY, 1967; LOW, 1972; MACHADO & BRUM, 1978 e RANDO, 1981.

Comparando os resultados obtidos para os perfis 1 (mata) e 2 (soja), evidencia-se a compactação dos horizontes Ap e AB do perfil 2, cuja densidade global excede a do perfil 1 em 0,22 g/cm³ para o horizonte superficial e 0,16 g/cm³ para o AB.

Os valores de densidade global do perfil 2 (soja) vem confirmar as suposições colocadas no item 4.4, de discussão dos resultados dos testes de infiltração, posto que, apesar da densidade global do horizonte Ap ser superior

a do AB, a profundidade de coleta da amostra e a ausência de repetição não permitem assegurar a estabilidade desse valor para todo o horizonte.

Os dados obtidos nos perfis 3 (soja) e 4 (abacate), revelam que valores elevados são encontrados principalmente nos horizontes Ap e AB, assim como os resultados de OLIVEIRA & MENK (1984), obtidos em latossolos da região Nordeste do Estado de São Paulo e da região de Ribeirão Preto. Ainda segundo esses autores, o Latossolo Roxo Unidade Barão Geraldo, sob mata, apresenta, tanto para o horizonte A1 (0-35 cm) como para o horizonte B1 (68-120 cm), densidade global igual a $0,95 \text{ g/cm}^3$, o que facilita visualizar o grau de compactação dos solos cultivados.

Embora alguns autores afirmem que os efeitos do cultivo e do tráfego de máquinas afetem o solo até a uma profundidade próxima a 30 cm (GOODERHAM, 1976; GANTZER & BLAKE, 1978), os valores de densidade global encontrados para o perfil 4 (abacate), nos horizontes B21 (37-70 cm), B22 (70-100 cm) e B23 (100-135,4 cm) sugerem que esse solo foi mais profundamente atingido, o que também pode ser observado no trabalho de OLIVEIRA & MENK (op.cit.), com o Latossolo Roxo Unidade Ribeirão Preto, em perfil sob solo cultivado, que apresenta $1,16 \text{ g/cm}^3$ para o horizonte B1(29-66 cm), e $1,07 \text{ g/cm}^3$ para o horizonte B21 (66-150 cm).

Ainda que a área onde foi coletado o perfil 4 (abacate) seja pouco movimentada em relação àquela do perfil 3 (soja), este último apresenta valores inferiores de densidade global.

Os valores de densidade global para o perfil 2 (soja), evidenciando compactação no horizonte Ap e AB, auxiliam a compreensão dos resultados obtidos nos testes de infiltração, nesse perfil. Embora os valores de taxa de infiltração sejam superiores no horizonte Ap, a densidade global apresenta valor mais elevado nesse mesmo horizonte. Porém, é importante lembrar que as amostras para análise de densidade global foram coletadas no ponto médio do horizonte Ap, a 7,5 cm de profundidade; então, é possível supor que essa camada mais compactada esteja situada entre a superfície e a profundidade de 7,5 cm, posto que a taxa de infiltração, medida a 10 cm de profundidade, mostra-se superior a do horizonte subjacente. Ou seja, provavelmente a camada de maior compactação, dentro do horizonte Ap, foi excluída do teste de infiltração. WARKETIN (1971) e MOURA FILHO & BUOL (1972) apresentam resultados concordantes com o que foi obtido no presente estudo.

Em relação ao perfil 4 (abacate), devido aos problemas resultantes da profundidade de amostragem, os resultados do teste de infiltração obtidos para o horizonte Ap parecem corresponder melhor ao horizonte AB, e esses ao do

subjacente, B21, concordando com os valores obtidos para densidade global nesses horizontes, ou seja, o horizonte de maior densidade global, e possivelmente de maior compactação, apresenta menor taxa de infiltração em relação ao subjacente, de densidade global inferior, o que sugere que aqui se repetiu o ocorrido no perfil 2.

4.8.2. DENSIDADE DE PARTÍCULAS

Os resultados encontrados para densidade das partículas, dispostos na Tabela 7 e Fig. 18, são compatíveis com a classificação dos solos em questão, sendo que o principal fator a diferenciar Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro parece ser o teor de ferro total. Assim, os perfis 1 (mata) e 2 (soja), de um Latossolo Vermelho Escuro, apresentaram valores que variaram entre 2,56 g/cm³ e 2,67 g/cm³, inferiores, em média, aos encontrados para os perfis 3 (soja) e 4 (abacate), de Latossolo Roxo, que variaram entre 2,63 g/cm³ e 2,86 g/cm³, acompanhando a variação no teor de ferro total.

Foram observadas ainda diferenças entre os horizontes de um mesmo perfil, possivelmente devidas a diferenças no teor de matéria orgânica, concordando com LYON & BUCKMAN, 1947 e MACHADO et al., 1981. Comportamento típico pode ser observado nos perfis 2 (soja) e 4 (abacate) onde os valores de densidade das partículas aumentaram conforme o teor de matéria orgânica diminuiu. O perfil sob mata não apresentou diferença, senão quando o teor de matéria orgânica foi muito pequeno, no horizonte B23, e o perfil 3 (soja) apresentou teor de matéria orgânica relativamente constante ao longo do perfil, no que foi seguido pela densidade de partículas.

É importante observar que a diferença na densidade de partículas entre horizontes ocorreu tanto nos perfis sob cultivo intensivo como naquele sob cultura perene, sempre entre o horizonte superficial e o subjacente, onde há maior diferença entre os teores de matéria orgânica, enfatizando, assim, o efeito da matéria orgânica na redução do valor da densidade das partículas.

Tabela 7 - Valores de densidade das partículas, porcentagem de matéria orgânica e porcentagem de ferro obtido por ataque sulfúrico de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4)

AMOSTRA	PROF. (cm)	DP (g/cm ³)	M.O.(%)	Fe(%)
PERFIL 1 (MATA)				
Ap	0 - 20	2,61	6,6	8,0
AB	20 - 45	2,60	1,9	11,2
B21	45 - 75	2,59	1,2	10,8
B22	75 - 97	2,60	1,0	11,7
B23	97 - 125(+)	2,63	0,8	10,8
PERFIL 2 (SOJA)				
Ap	0 - 15	2,56	3,0	13,0
AB	15 - 42	2,63	2,0	11,9
B21	42 - 70	2,63	1,3	13,4
B22	70 - 100	2,63	1,1	13,2
B23	100 - 125(+)	2,67	1,1	12,8
PERFIL 3 (SOJA)				
Ap	0 - 12	2,82	3,3	21,4
AB	12 - 32	2,82	2,7	22,4
B21	32 - 60	2,82	2,2	22,3
B22	60 - 100	2,86	2,1	21,4
B23	100 - 130(+)	2,82	2,8	21,8
PERFIL 4 (ABACATE)				
Ap	0 - 10	2,63	3,2	19,7
AB	10 - 32	2,70	3,2	20,2
B21	32 - 70	2,74	2,5	19,0
B22	70 - 100	2,74	1,3	20,0
B23	100 - 135(+)	2,78	1,3	19,3

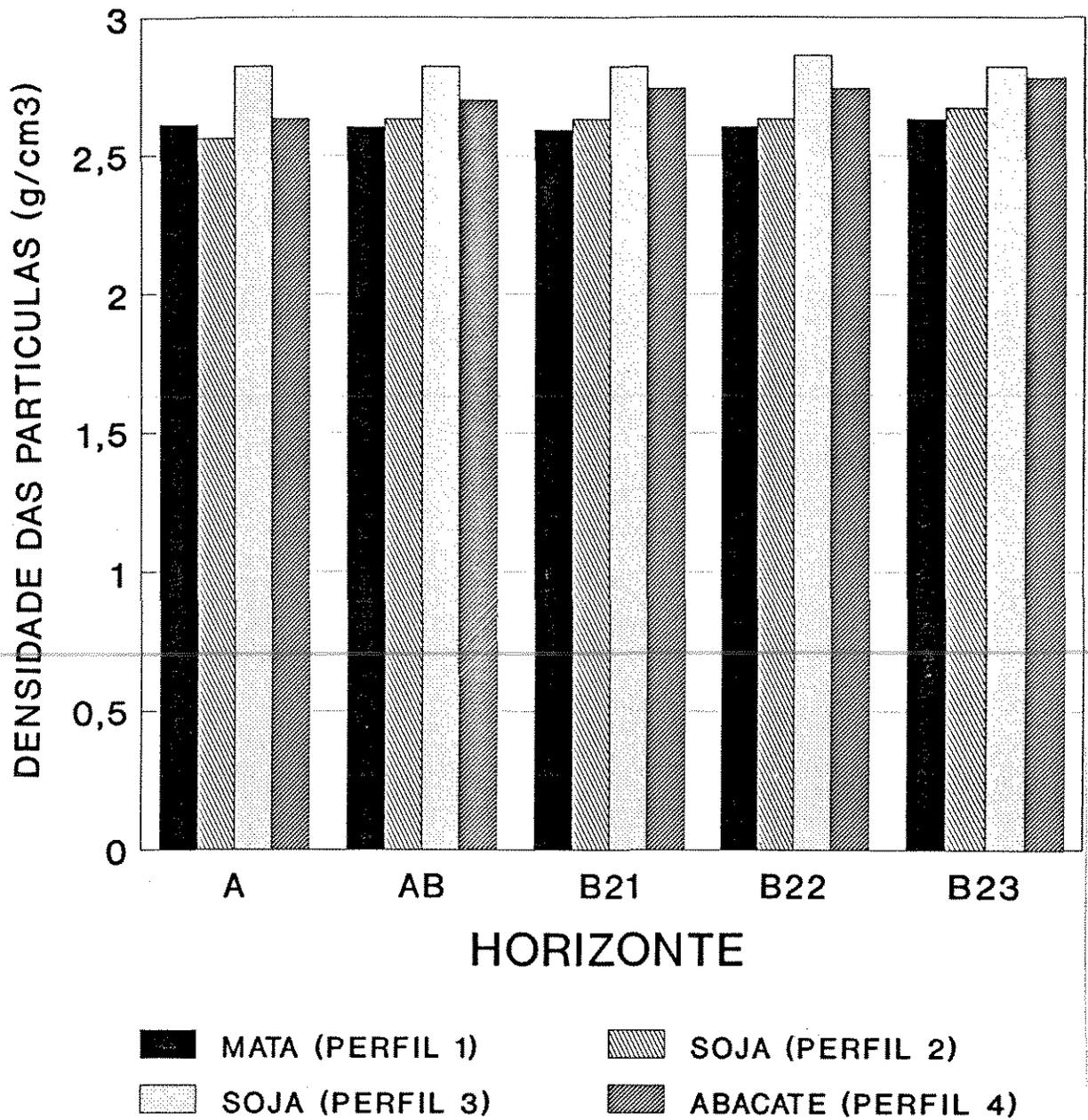


Fig. 18 - Comportamento da densidade de partículas nos horizontes dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

4.9. POROSIDADE TOTAL, MACROPOROSIDADE E MICROPOROSIDADE

Os valores de porosidade total obtidos por dois métodos distintos apresentaram as mesmas tendências (Tabela 8 e fig. 19), com exceção para o horizonte A do perfil sob mata, onde o resultado obtido em laboratório mostrou-se bastante inferior ao calculado, contrariamente às expectativas para esse horizonte. É possível que a amostra tenha sido coletada num ponto adensado, por exemplo, pela proximidade de uma raiz de grande diâmetro, ou por um canal criado pela fauna, já que a amostra para determinação de densidade global, coletada no mesmo horizonte, não reflete esse adensamento. Os resultados obtidos por cálculo, a partir da densidade global e densidade das partículas, são apresentados, no texto, entre parênteses, após o resultado obtido em laboratório.

Os valores obtidos para Porosidade Total, Macro e Microporosidade, para os perfis 2 (soja), 3 (soja) e 4 (abacate), evidenciam modificações no espaço poroso causadas pelo cultivo intensivo destes solos. Essas modificações foram também observadas nas secções delgadas, onde foi possível caracterizá-las, por modificações no formato dos poros (predominantemente de empilhamento compostos no horizonte B23, enquanto que no horizonte AB observou-se a presença predominante de cavidades) e também no seu formato, sendo mais intensas no perfil 2, seguido dos perfis 3 e 4.

Tabela B - Valores de Porosidade Total Determinada (PTd) e Porosidade Total Calculada (PTc) de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4)

AMOSTRA	PROF (cm)	PTd (%)	PTc (%)
PERFIL 1 (MATA)			
Ap	0 - 20	55	59
AB	20 - 45	57	59
B21	45 - 75	...	54
B22	75 - 97	...	58
B23	97 - 125 ₍₊₎	58	57
PERFIL 2 (SOJA)			
Ap	0 - 15	...	49
AB	15 - 42	...	53
B21	42 - 70	...	58
B22	70 - 100	...	60
B23	100 - 125 ₍₊₎	...	60
PERFIL 3 (SOJA)			
Ap	0 - 12	61	59
AB	12 - 32	59	59
B21	32 - 60	...	63
B22	60 - 100	...	65
B23	100 - 130 ₍₊₎	65	65
PERFIL 4 (ABACATE)			
Ap	0 - 10	59	54
AB	10 - 32	56	52
B21	32 - 70	...	56
B22	70 - 100	...	59
B23	100 - 135 ₍₊₎	61	62

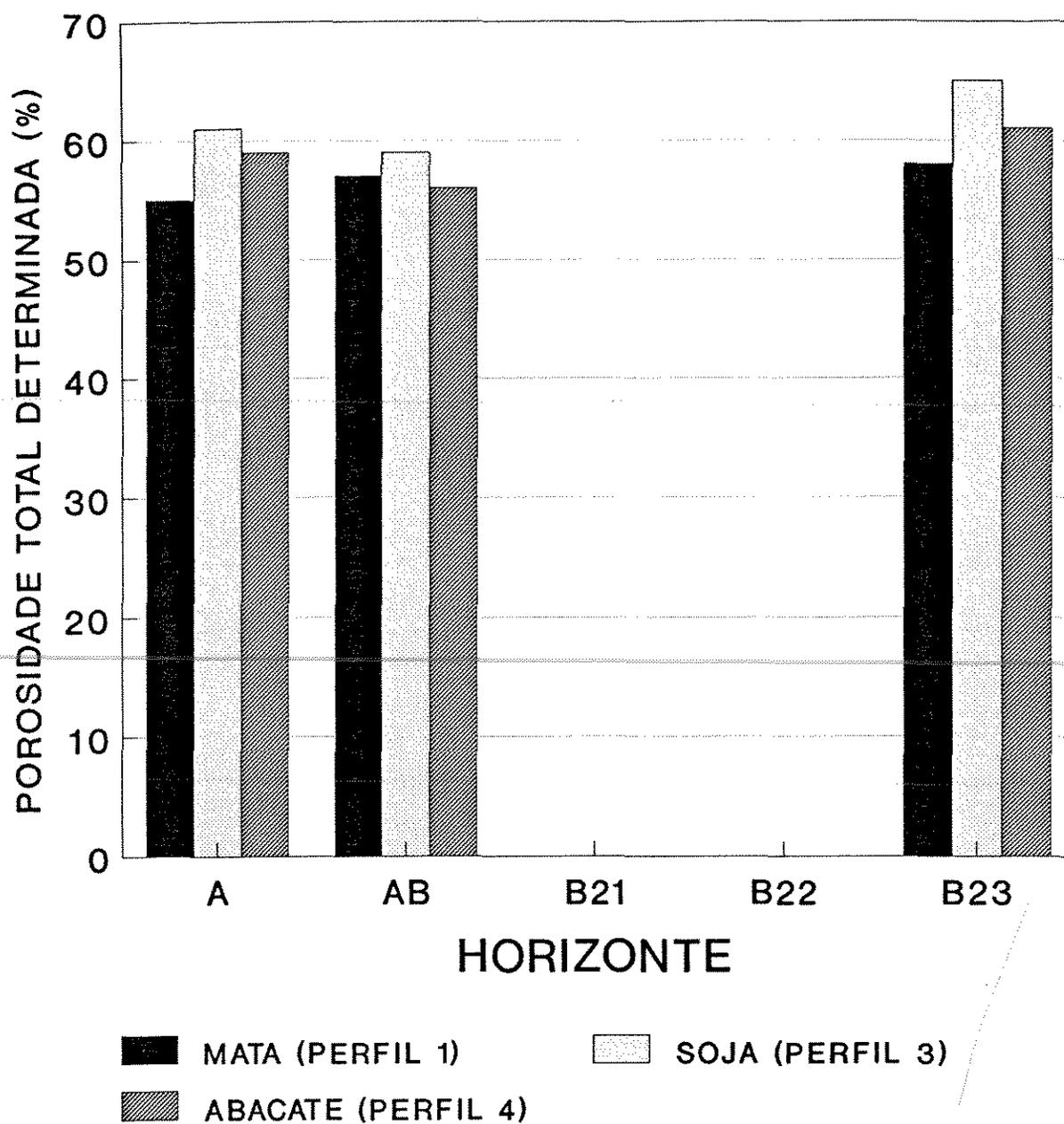


Fig. 19 - Comportamento da porosidade total determinada nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

Comparando os valores de porosidade total com os obtidos por OLIVEIRA & MENK (1984), para um Latossolo Roxo da Unidade Barão Geraldo, sob mata, iguais a 63% para o horizonte A1 (0-35 cm) e 66% para o horizonte B1 (68-120 cm), é possível observar o efeito do cultivo na diminuição da porosidade total. OLIVEIRA (1968) afirma que valores de porosidade total não são suficientes, por si só, para caracterizar compactação. Porém, para o presente trabalho, a variação é bastante evidente para os horizontes Ap, AB e B21.

Em relação ao horizonte B23, em geral com profundidade superior a 100 cm, os valores para porosidade total parecem indicar que as variações existentes devem-se a fatores pedogenéticos e biológicos, visto que os valores obtidos nesse trabalho para horizontes B23 de solo cultivado mostram-se bastante semelhantes àqueles para solos de classificação correspondente, sob mata.

Os valores obtidos para o perfil sob mata, mostram-se bastante semelhantes aos obtidos por MACHADO & BRUM (1981), também para um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, sob mata. No horizonte B21 confirma-se o adensamento já evidenciado pela densidade global, com o valor de porosidade total bastante inferior aos demais, igualando-se apenas ao horizonte B23, onde a densidade global também é elevada.

Por comparação aos valores obtidos sob mata, evidencia-se a compactação dos horizontes superficiais do perfil 2 (Latossolo Vermelho Escuro) sob soja.

As variações na porosidade total acompanham, de modo inverso, as variações de densidade global, conforme KIEHL (1979) afirma. O horizonte AB do Perfil 4 (abacate) apresenta densidade global igual a $1,30 \text{ g/cm}^3$ e porosidade total igual a 56(52)%, e o horizonte Ap do mesmo perfil tem densidade global igual a $1,20 \text{ g/cm}^3$ e porosidade total igual a 59(54)%. Para o Perfil 3 (soja), o horizonte AB apresenta densidade global igual a $1,16 \text{ g/cm}^3$ e porosidade total igual a 59(59)%. Este valor de densidade global se repete no horizonte Ap, que apresenta porosidade total igual a 61(59)%.

No presente estudo o menor valor obtido de macroporosidade (Tab. 9 e Fig. 20), para o horizonte A/B do perfil 4 (10 -32 cm), igual a 18%, é muito próximo daquele encontrado por RANDO (1981), em situação semelhante, igual a 18,23%, confirmando a opinião desse autor sobre o efeito do cultivo na macroporosidade, provocando sua diminuição.

Observa-se que ao longo do perfil não há decréscimo muito evidente da macroporosidade, o que pode ser explicado pelos teores elevados de matéria orgânica e pela intensa atividade biológica observada em campo e comprovada pela

observação das secções delgadas, que revelam grande quantidade de canais biológicos no horizonte B23.

O perfil 1 (mata) apresenta variação na macro e microporosidade (Tab. 9 e Fig. 21), entre os horizontes A e AB, ainda que a densidade global, por exemplo, não acuse tal variação. Esse maior valor de microporosidade é possivelmente devido à estrutura em grumos no horizonte A, já que o horizonte AB apresenta unidades estruturais menores. Em relação ao perfil 3 (soja), horizonte AB, não há amparo nos valores de densidade global nem na descrição morfológica para justificar diminuição da microporosidade, acompanhada de pequeno aumento da microporosidade. Porém, para o cultivo perene, as variações na macro e microporosidade acompanham as verificadas nos valores de densidade global, ou seja, os valores de microporosidade decrescem conforme decresce a densidade global.

A porosidade total atinge valores aproximados àqueles citados por OLIVEIRA & MENK (1984), para Latossolo Roxo sob mata, nos horizontes B22 e B23, e a microporosidade apresenta valores elevados em relação aos horizontes superficiais, o que é característico da estrutura dos latossolos.

Tabela 9 - Valores de macro e microporosidade para perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfil 4)

AMOSTRA	PROF. (cm)	MACRO (%)	MICRO (%)
<u>PERFIL 1 (MATA)</u>			
Ap	0 - 20	26	29
AB	20 - 45	23	34
B23	97 - 125 _(+,)	24	34
<u>PERFIL 3 (SOJA)</u>			
Ap	0 - 12	24	37
AB	12 - 32	21	38
B23	100 - 130 _(+,)	25	40
<u>PERFIL 4 (ABACATE)</u>			
Ap	0 - 10	22	37
AB	10 - 32	18	38
B23	100 - 135 _(+,)	22	39

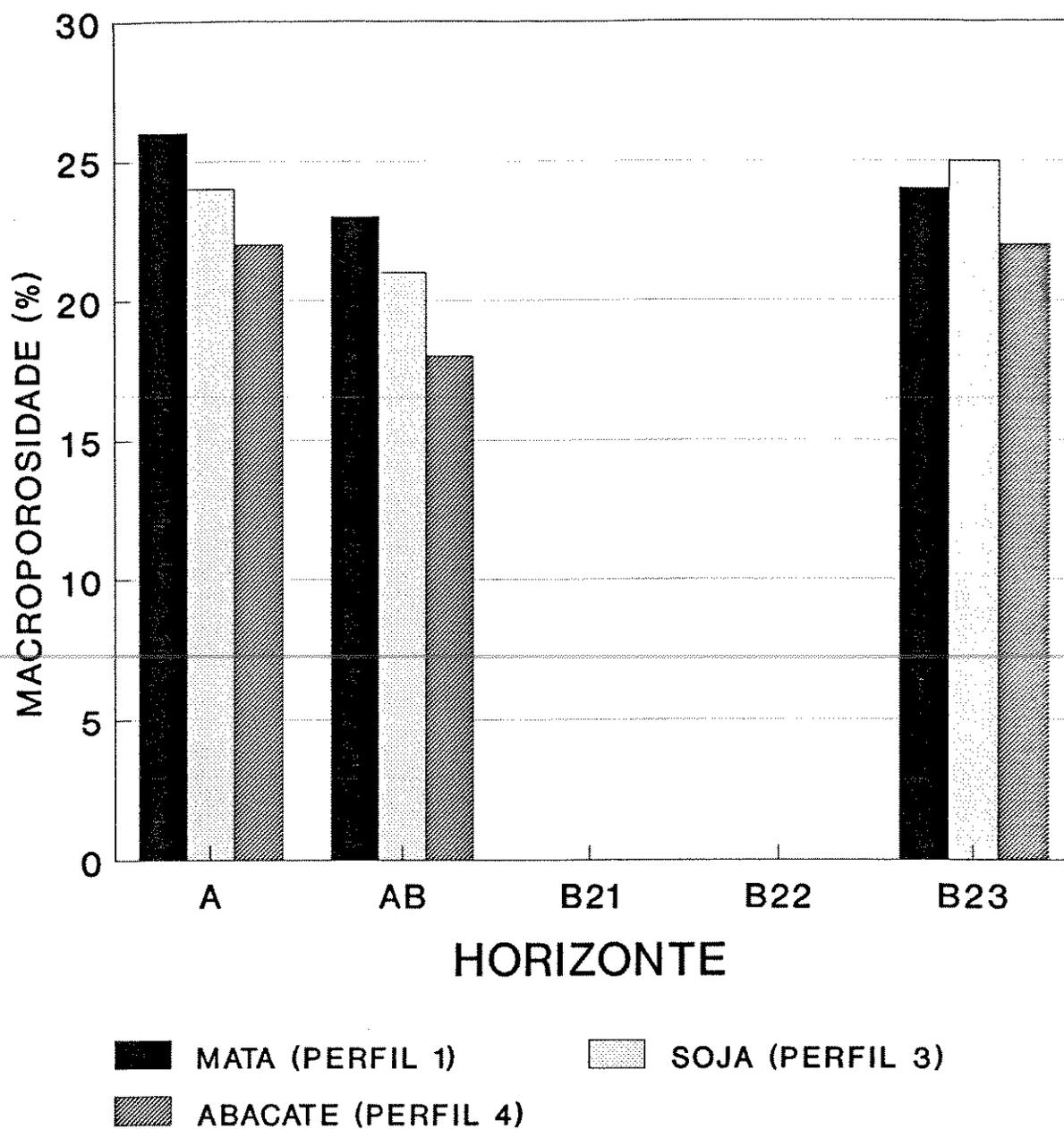


Fig. 20 - Comportamento da macroporosidade nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

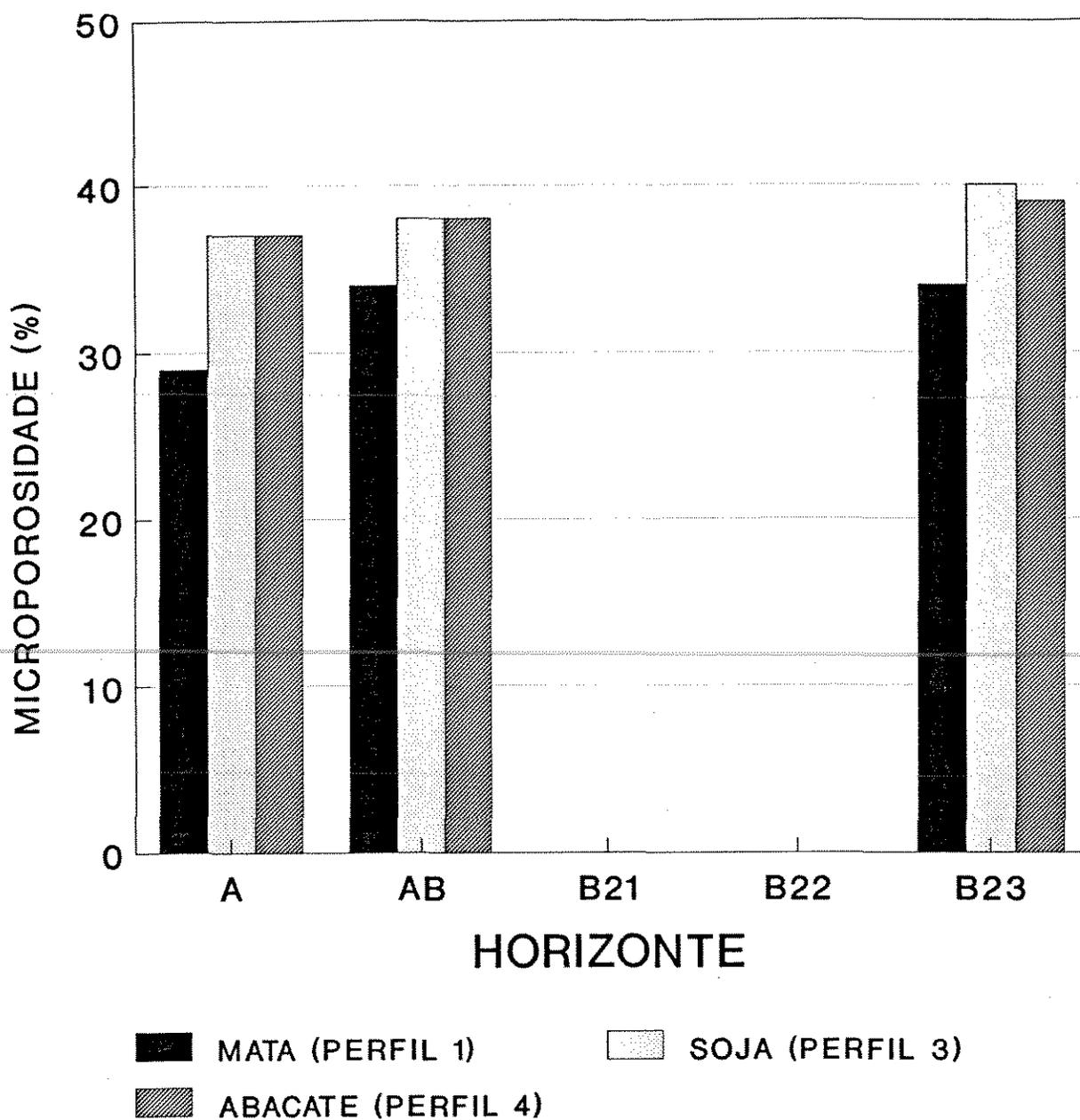


Fig. 21 - Comportamento da microporosidade nos horizontes A (Ap), AB e B23 dos perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfil 1) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4).

4.10. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Os resultados obtidos com o fracionamento físico da matéria orgânica dos horizontes A (Ap) e AB de cada perfil, bem como os valores de porcentagem de carbono via seca e de porcentagem de matéria orgânica de todos os horizontes estão na Tabela 10.

Os valores obtidos nas análises acima citadas encontram-se dentro do esperado, indicando maior porcentagem de matéria orgânica, carbono total e frações humificadas (> 50 m) no perfil sob mata (P1), confirmando o exposto por DABIN (1982) e TIESSEN et al. (1984), a respeito do desequilíbrio provocado pelo cultivo num ecossistema florestal, alterando, assim, os padrões de produção, estabilização e perda do material orgânico, provocando, portanto, redução no teor de material orgânico em solos cultivados.

A desestabilização estrutural, refletida na compactação do solo, com diminuição da porosidade e alteração ou mesmo destruição do arranjo, é explicada por ALLISSON (1973) como fruto do revolvimento do solo, que aumenta sua atividade biológica pela melhor aeração decorrente dessa mobilização. O autor afirma que a matéria orgânica retida nos agregados maiores seria então exposta aos ataques microbiológicos, perdendo sua função na agregação e provocando a deterioração do arranjo estrutural.

Tabela 10 - Frações orgânicas (FO), minerais (FM) e organominerais (FOM) em porcentagem de peso, valores de porcentagem de carbono via seca (C), de porcentagem de matéria orgânica (MO) e de porcentagem de FOM < 50 μ m em 100 g de TFSA de perfis de Latossolo Vermelho Escuro (perfis 1 e 2) e Latossolo Roxo (perfis 3 e 4)

AMOSTRA	FRAÇÃO > 200 μ m			C (%)	M.O. (%)	FOM < 50 μ m 100 g TFSA
	FM	FO	FOM < 50 μ m			
PERFIL 1 (MATA)						
Ap	16,16	4,17	23,79	4,34	6,6	1,57
AB	7,18	0,08	40,10	1,01	1,9	0,76
B21	...	...	...	0,69	1,2	...
B22	...	...	...	0,54	1,0	...
B23	...	...	...	0,50	0,8	...
PERFIL 2 (SOJA)						
Ap	8,26	0,04	33,84	1,41	3,0	1,01
AB	8,26	0,05	35,54	1,22	2,0	0,71
B21	...	...	...	...	1,3	...
B22	...	...	...	...	1,1	...
B23	...	...	...	0,56	1,1	...
PERFIL 3 (SOJA)						
Ap	2,34	0,08	39,24	1,58	3,3	1,29
AB	3,75	0,07	37,81	1,38	2,7	1,02
B21	...	...	...	...	2,2	...
B22	...	...	...	...	2,1	...
B23	...	...	...	1,64	2,8	...
PERFIL 4 (ABACATE)						
Ap	4,66	0,23	43,85	1,87	3,2	1,40
AB	2,29	0,02	12,39	1,43	3,2	0,39
B21	...	...	...	...	2,5	...
B22	...	...	...	...	1,3	...
B23	...	...	...	0,66	1,3	...

O teor de matéria orgânica é bastante elevado no horizonte superficial do perfil sob mata, decrescendo com a

profundidade, estando, então, a presença de grumos no horizonte superficial relacionada à matéria orgânica, possivelmente pelo estímulo à atividade biológica, através do crescimento de raízes e de seus exudados e do aumento da população da fauna e flora do solo.

É possível observar, assim, o efeito do cultivo sobre o teor de matéria orgânica no horizonte superficial dos solos cultivados, onde ocorre uma redução de aproximadamente 50% no teor de matéria orgânica em relação ao solo sob mata.

A porcentagem de Fração Organomineral menor que 50 μ m é mais elevada no perfil sob mata (P1), horizonte A, seguido pelo perfil sob abacate (P4), pelo perfil 3, sob soja e então pelo perfil 2, também sob soja, que apresenta valor de densidade global muito elevado. Nos horizontes AB, o perfil 3 (soja) apresenta teor mais elevado dessa fração, seguido pelos P1 (mata) e P2 (soja) e por último pelo P4, que apresenta o valor mais baixo, sendo o valor de densidade global nesse horizonte igual ao apresentado pelo perfil 2 (soja), no horizonte Ap; Esses resultados coincidem com as observações macro e microscópicas de alteração estrutural, ou seja, as unidades estruturais que se apresentaram individualizados nos horizontes B23 de todos os perfis e também no AB do perfil sob mata, mostraram-se muito próximas umas das outras nos horizontes onde o teor de material orgânico é muito baixo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As observações micromorfológicas confirmaram o que foi observado no campo. Para o perfil sob mata (P1) observou-se a presença de agregados de diâmetro pequeno e médio no horizonte AB, onde as seções delgadas mostraram estrutura intertética a aglutínica, poros de empilhamento compostos e canais.

Para os perfis sob cultivo (perfis 2, 3 e 4), observou-se, em campo, a presença de camadas compactadas. No perfil 2, Latossolo Vermelho Escuro, horizonte AB, observou-se a presença de blocos subangulares de tamanho médio e também agregados de diâmetro médio; no perfil 3, Latossolo Roxo, no mesmo horizonte, observaram-se sinais pronunciados de compactação, na forma de áreas compactadas, isoladas, ao longo do horizonte, principalmente quando seco, ainda que também estejam presentes agregados de diâmetro médio; finalmente, no perfil 4, também Latossolo Roxo, sob cultura perene, a compactação se evidenciou por blocos subangulares

médios e grandes, embora agregados de diâmetro médio também tenham sido observados.

A análise das secções delgadas mostrou, para todos os perfis sob solo cultivado, a presença de estrutura intertética a porfirogrânica e de poros aplainados, caracterizando, aí, a alteração estrutural observada em campo, em relação ao perfil sob mata e à estrutura típica de latossolos argilosos, presente nos horizontes B23.

Dentre as áreas cultivadas, o perfil 2, sob soja, parece ser o que maior alteração apresentou, em observações macro e microscópicas; as lâminas delgadas mostraram que a estrutura secundária, formada por microagregados fundidos está ausente. O que se observou foi a presença de uma massa porosa, formada por agregados muito próximos uns dos outros (ainda que seus limites sejam visíveis), ou seja, houve uma reacomodação das unidades, caracterizando um adensamento bastante intenso, com evidente deformação e redução do espaço poroso, sendo mesmo possível observar áreas compactadas, ou seja, onde não mais esteve visível o limite de cada unidade, mas uma massa contínua, com pequenos poros. Essa alteração também foi observada para os perfis 3 e 4, porém em menor intensidade, ou seja, os agregados não se apresentam tão próximos, senão em áreas bastante localizadas.

Essas observações foram endossadas pelos resultados dos testes de infiltração, que indicaram o perfil 2, sob

soja, como o de menor taxa de infiltração, seguido pelo perfil 4, sob abacate, e então pelo perfil sob mata, evidenciando alteração no espaço poroso. Da mesma forma para os valores de diferença de argila, obtidos com o teste de pseudopartículas, que mostraram maior porcentagem de partículas agregadas no perfil sob mata, seguido pelos perfis 3 (soja) e 4 (abacate), e então pelo perfil 2 (soja). Os valores de diâmetro médio ponderado de agregados mostraram, no perfil sob mata, agregados de diâmetro muito superior aos do perfil 2, o que é evidenciado pela porcentagem de agregados maiores que 2 mm, também nesses perfis. A porosidade total nos horizontes superiores dos solos sob cultivo mostrou-se sempre reduzida, em relação ao solo sob mata, confirmando a compactação observada em campo. Os valores de densidade global, elevados nos horizontes superficiais, concordaram com a estrutura porfirogrânica observada nas lâminas, e a compactação visível no campo, o que também justificou a diminuição da macroporosidade nos horizontes AB dos perfis 3 (soja) e 4 (abacate).

Dentre os solos cultivados, os perfis 2, Latossolo Vermelho Escuro, e 3, Latossolo Roxo, cultivados intensivamente com soja, apresentaram comportamentos distintos, que parecem estar relacionados à características inerentes ao tipo de solo, como teor de ferro total, teor de argila e também ao teor de matéria orgânica, que apresentam

valores mais elevados no Latossolo Roxo, e dessa forma parecem ter assegurado sua maior estabilidade estrutural. Observou-se, no perfil 2, alteração estrutural mais intensa, com algumas áreas das lâminas onde não é possível distinguir o contorno dos agregados, tendo o plasma o aspecto de massa contínua. No perfil 3, ainda que tenha sido possível observar áreas onde os agregados estão muito próximos, seus limites são nítidos, evidenciando um menor grau de desestabilização estrutural.

As características inerentes ao tipo de solo acima referidas interferem não só na reação do solo às ações antrópicas como em seu comportamento em subsuperfície; por exemplo, os agregados no horizonte B23 do perfil sob mata apresentaram formato menos regular que os observados nos perfis 3 e 4, que se mostraram arredondados, o que é característico de Latossolo Roxo.

6. CONCLUSÕES

Pela interpretação dos resultados obtidos, considerando a metodologia empregada, foi possível concluir que o cultivo convencional afetou as propriedades físicas do solo, provocando uma degradação estrutural, expressa por um ~~rearranjo das unidades estruturais, que se apresentaram muito~~ próximas umas das outras, chegando, em áreas isoladas, ao ponto de seus limites não serem distintos, enquanto que as do perfil sob mata, bem como as do horizonte óxico, apresentaram-se individualizadas, ou ligadas por braços de plasma. Esse rearranjo ficou visível nas secções delgadas e foi indiretamente expresso nos resultados dos testes de infiltração, macro e microporosidade e densidade global, tendo sido observado efeito pronunciado nos primeiros horizontes dos solos em questão (profundidade média de 40 cm), tomando como base solos sob vegetação natural.

O teste de estabilidade de agregados em água, nos horizontes onde o coeficiente de variação esteve dentro do

tolerado, mostrou o efeito degradante do cultivo, pela diminuição do diâmetro dos agregados.

Dos solos cultivados com soja, o Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa, apresentou-se estruturalmente mais degradado do que o Latossolo Roxo, pelo observado em campo nos horizontes compactados e confirmado, em análises micromorfológicas, pelo rearranjo das unidades estruturais no Latossolo Vermelho Escuro, conforme o descrito acima, caracterizando adensamento quando as unidades estruturais apresentaram-se muito próximas, e conseqüentemente observaram-se alterações na forma e tamanho dos poros. Em áreas isoladas, observou-se, inclusive, compactação, caracterizada então pela completa desintegração dos agregados, que apresentaram o aspecto de uma massa contínua.

Os teores mais elevados de matéria orgânica e ferro total no perfil 3, Latossolo Roxo, cultivado com soja, parecem ter influenciado na menor compactação deste solo. O comportamento do perfil 4, também Latossolo Roxo, sob cultura perene, parece confirmar a atuação da matéria orgânica na estabilização estrutural do solo, posto que, neste perfil, as alterações parecem ter sido maiores do que as observadas no perfil 3, sob cultivo intensivo.

Essas constatações reforçam a importância em privilegiar o incremento de pesquisas voltadas à mínima

manipulação do solo com máquinas, mormente em condições tropicais, onde a mineralização da matéria orgânica é muito rápida, mesmo sob vegetação exuberante de mata.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P. U. R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F. CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3(3): 169-172, set/dez 1979.
- AINA, P. O. Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 43(1): 173-177, jan/feb 1979.
- ALDEFER, R. B., MERKLE, F. G. Structural stability and permeability of native forest soils compared with cultivated areas of the same soil type. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 6: 98-103, 1941.
- ALLISSON, F. E. *Soil organic matter and its role in crop production*. Amsterdam : Elsevier, 1973. 637 p.
- ANDERSON, M. A., BROWNING, G. M. Some physical and chemical properties of six virgin and six cultivated Iowa soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 14: 370-374, 1949.
- ANGULO, R. J., ROLOFF, G., SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(1): 7-12, 1984.
- BATES, J. A. R. Studies of a nigerian forest soil : I. The distribution of organic matter in the profile and in various soils fractions. *The Journal of Soil Science*, 11 (2): 246-256, 1960.

- BAVER, L. D., FARNSWORTH, R. B. Soil structure effects in the growth of sugar beets. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 5: 45-48, 1940.
- BAVER, L. D., GARDNER, W. H., GARDNER, W. R. *Soil physics*. 4. ed. New York : John Wiley, 1972. 498 p.
- BENNEMA, J., JONGERIJUS, A., LEMOS, R. C. Micromorphology of some oxic and argillic horizons in South Brazil in relation to weathering sequences. *Geoderma*, Elsevier, 4: 33-35, 1970.
- BLAKE, G. R. Bulk density. In: BLACK, C. A. (ed.). *Methods of soil analysis : physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison : American Society of Agronomy (publisher), 1 ed., 1965. 770 p. p. 374-390. Part 1. (Serie Agronomy n. 9).
- BONI, N. R., ESPINDOLA, C. R. Uso de leguminosas na recuperação de um solo degradado : dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Campinas. Programas e resumos... Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p. 132.
-
- BONI, N. R., ESPINDOLA, C. R., GUIMARÃES, E. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo em função do uso agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Campinas. Programas e resumos... Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.
- BREWER, R., SLEEMAN, J. R. Soil structure and fabric : their definition and description. *The Journal of Soil Science*, 11: 172-185, 1960.
- BREWER, R. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York : Robert E. Kriegen Publishing Company, 1976. 482 p. Reprint of the edition published by John Wiley : New York, with supplementary material.
- BOUMA, J., HOLE, F. D. Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites : a Typic Argiudoll (silt loam) and a Typic Eutrochrept (clay). *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 35(2): 316-319, 1971.
- BUCKMAN, H. O., BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. USAID. Rio de Janeiro : Livraria Freitas Bastos S.A., 1967. 594 p. (Programa de Publicações Didáticas - Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional).

- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G.,
TURSINA, T. *Handbook for soil thin section description*.
Wolverhampton : Waine Research Publication, 1985. 150 p.
- BUOL, S. W., ESWARAN, H. *The micromorphology of Oxisols*. In:
INTERNATIONAL WORKING MEETING ON SOIL MICROMORPHOLOGY, 5,
1977, Granada. 1977. p. 325-347.
- CAMARGO, M. N., KLANT, E., KAUFFMAN, J.H. *Sistema brasileiro
de classificação de solos*. Separata do Boletim Informativo
da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 12
(1): 11-33, 1987.
- CAMARGO, O. A., MONIZ, A. C., JORGE, J. A., VALADARES, J. M.
A. S. *Metodologia de análise química, mineralógica e
física de solos do Instituto Agronômico de Campinas*.
Campinas : Instituto Agronômico de Campinas, out. 1986.
(Boletim técnico, 106).
- 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, 14(1): 99-105, jan/abr 1990.
-
- CENTURION, J. F., DEMATTÊ, J. L. I. Efeitos de sistemas de
preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado
cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do
Solo*, Campinas, 9(3): 263-266, set/dez 1985.
- CERRI, C. C., EDUARDO, B. de P., PICCOLO, M. de C. Método
de análises em matéria orgânica do solo. Apostila da
disciplina de "Matéria Orgânica do Solo" : CENA/USP,
Piracicaba, 1990.
- CHESTERS, G., ATTOE, O. J., ALLEN, O. N. Soil aggregation in
relation to various soil constituents. *Soil Science
Society of America Proceedings*, Madison, 21: 272-277,
1957.
- CINTRA, F. D. L., MIELNICZUK, J., SCOPEL, I. Caracterização
do impedimento mecânico em um Latossolo Roxo do Rio Grande
do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas,
7(3): 323-327, set/dez 1983.
- CONAWAY JR., A. W., STRICKLING, E. A comparison of selected
methods for expressing soil aggregate stability. *Soil
Science Society of America Proceedings*, Daville, 26: 426-
430, 1962.
-

- DABIN, B. Relação entre a evolução dos compartimentos húmicos sob cultura e os fatores físicos e químicos da fertilidade em diferentes solos tropicais. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA, 1982, Piracicaba. *Anais...*, Piracicaba, CENA/PROMOCET, 1982. p. 87-96.
- DONAHUE, P. L. *Soils : an introduction to soils and plant growth*. 2 ed. New Jersey : Prentice Hall, 1965. 363 p.
- EDWARDS, A. P., BREMER, J. M. Microaggregates in soils. *The Journal of Soil Science*, 18: 64-73, 1967.
- EL-SWAIFY, S. A. The stability of saturated soil aggregates in certain tropical soils as affected by solution composition. *Soil Science*, Baltimore, 109(3): 197-202, 1970.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. *Manual de métodos e análise de solo*. 1979.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. *Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS*. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).
- ESPINDOLA, C. R., GALHEGO, H. R. Pseudopartículas texturais em solos basálticos da região central do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, 1981, Salvador. *Resumos...* Salvador : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p.22-23.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. *Soil Yearbook*. 1957.
- ESWARAN, H., BAÑOS, C. Related distribution patterns in soils and their significance. *Annales de Edafologia y Agrobiologia*, 35: 33-45, 1976.
- FASSBENDER, H. W. *Química de suelos con énfasis en suelo de America Latina*. San Jose : Instituto Interamericano de Cooperation para la Agricultura (IICA). 4 reimpression, 1984. 422 p.
- FELLER, C. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols : Application aux sols tropicaux à textures grossières très pauvres en humus. *Cahiers ORSTOM, série Pedologie*, 17(4): 339-346, 1979.

- FORTUN, C., FORTUN, A. Diversos aspectos sobre el papel de la materia organica humificada en la formacion y estabilizacion de los agregados del suelo. *Anales Edafologicos y Agrobiologicos*, 48: 185-204, 1989.
- GANTZER, C. J., BLAKE, G. R. Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-till and convencional tillage. *Agronomy Journal*, Madison, 70(5): 853-857, sept/oct 1978.
- GAVANDE, S. A. *Fisica de suelos : principios y aplicaciones*. Mexico : Editorial Limus S.A., 1976. 351 p.
- GOODERHAM, P. T. The effect on soil conditions of mechanized cultivation at high moisture content and of loosening by hand digging. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 86: 567-571, 1976.
- GROHMANN, F. Análise de agregados do solo. *Bragantia*, Campinas, 19(13): 201-213, mar. 1960a.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 19(21): 319-328, abr. 1960b.
- HARRIS, R. F., CHESTERS, G., ALLEN, D. N. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, Wisconsin, 18: 107-169, 1966.
- HILLEL, D. *Solo e água : fenômeno e princípios físicos*. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231 p.
- HILLEL, D. *Soil and water : physucal principles and processes*. Academic Press : New York, 1971. 288 p.
- JORGE, J. A. *Compactação do solo : causas, conseqüências e maneiras de evitar sua ocorrência*. Campinas : Instituto Agronômico de Campinas, março 1983. 22 p. (Circular, 117).
- JORGE, J. A., CAMARGO, D. A., VALADARES, J. M. A. S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 15(3): 237-240, set/dez 1991.
- KEMPER, W. D., CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. *Methods of soil analysis : physical and mineralogical properties, inducing statistical measurements and sampling*. Madison : American Society of Agronomy (publisher). 1 ed. 1965. 770 p. p. 499-510, Part 1. (Serie Agronomy n.9)

- KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia : relações solo-planta*. São Paulo : Ceres, 1979. 262 p.
- KLINGEBIEL, A. A., O'NEAL, A. M. Structure and its influence on tilth of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 16(1): 77-80, jan. 1952.
- KLUTE, A. JACOB, W. C. Physical properties of Sassafras Silt Loam as affected by long-time organic matter additions. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 14: 24-28. 1949.
- KOHNKE, H. *Soil physics*. New York : McGraw-Hill Inc., 1968. 224 p.
- KONONOVA, M. M. Humus of virgin and cultivated soils. In: *Soil components : organic components*. New York : Springer-verlag N. Y. Inc., 1975. 534 p. p. 475-528.
- KUBIENA, W. L. *Micropedology*. Ames : Collegiate Press, 1938. 243 p.
-
- KERTZMAN, F. F. *Modification de la structure et des propriétés physiques des couches superficielles d'un "Latosolo Roxo" (Guaira, São Paulo, Bresil) soumis a une irrigation par aspersion*. Paris : UPMC, 1989. 48 p. Université Pierre et Marie Curie.
- LAL, R., GREENLAND, B. J. *Soil physical properties and crop production in tropics*. Chichester : John Wiley, 1979. 44 p.
- LARSON, W. E. Important soil parameters for evaluating tillage practices in the United States. *Netherland Journal of Agricultural Science*, Wageningen, 11(2): 100-109, 1963.
- LAWS, W. D., EVANS, D. D. The effects of long-time cultivation on some physical and chemical properties of two Rendzina soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 14: 15-19, 1949.
- LEPSCH, I. F., BUOL, S. W. Investigations in an Oxisol-Ultisol toposequence in São Paulo State, Brazil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 38(3): 491-496, may/jun 1974.
- LEMONS, R. C. de, SANTOS, R. D. dos *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas : SBCS/SNLCS. 2 ed. 2 reimpressão, 1984. 45 p.
- LIMA, P. C. de, CURI, N., LEPSCH, I. F. Terminologia de micromorfologia do solo. *Boletim Informativo da Sociedade*

Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2): 33-43, 1985. 44 p.

LIMA, P. C. Micromorfologia de horizonte B de latossolos do Sudeste e Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20, 1985, Belém. Programas e resumos... Belém : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. 178 p. p. 178.

LOW, A. J. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). *The Journal of Soil Science*, Oxford, 23(4): 363-380, dec. 1972.

LYON, T. L., BUCKMAN, H. O. *Naturaleza y propiedades del suelo*. Buenos Aires : ACME Agency, 1947. 479 p.

MACHADO, J. A., BRUM, A. C. R. Efeitos de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(2): 81-84, maio/ago 1978.

MACHADO, J. A., PAULA SOUZA, D. M. de, BRUM, A. C. R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5(3): 187-189, set/dez 1981.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola : adubos e adubação*. São Paulo : Ceres, 3 ed., 1981. 596 p.

MARTIN, J. F. Microorganisms and soil aggregation : I. Origin and nature of some of the aggregating substances. *Soil Science*, 59: 163-174, 1945.

MARTIN, J. P. Microorganisms and soil aggregation : II. Influence of bacterial polysaccharides on soil structure. *Soil Science*, 61: 157-166.

MEKARU, T., UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 36: 296-300, 1972.

MORAES, W. V. *Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de cultivo*. Lavras : ESAL, 1984. 207 p. Mestrado em Agronomia. ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, 1984.

- FILHO, W., BUOL, S. W. Studies of a (strustox) in Brazil : description, set characterization. *Experientiae*, Viçosa, 17, 1972.
- J. M. Soil organic amttter and struc hanisms and implications for manageme ls, 76: 319-337, 1984.
- RA, L. B., DANTAS, H. da S., CAMPELO, GOMES, I. F. Caracterização de aden uma área de "tabuleiro" da Estação Ex ado, Recife. *Pesquisa Agropecuária E eiro*, 3: 207-214, 1968.
- RA, J. B. de, MENK, J. R. F., ROTTA, antamento pedológico semidetalhado do lo : *Quadricula de Campinas*. Rio de E/SUPREN, 1979. 172 p.
- RA, J. B. de, MENK, J. R. F. *Latosso ado de São Paulo*. Campinas : Instito pinas, abril de 1984. 132 p. (Boleti
-
- a, G. J., DAYNE, D., GREENLAND, D. J. e size distribution of soils. In: IN LAGE RESEARCH ORGANIZATION, 8, 1979, eedings... vol. 1, Hphenheim : Univ enheim, 1979. 203 p. p. 63-67.
- J. B., WILLARD, C. J. Cropping syste erties. *Soil Science Society of Ame* 81-88, 1946.
- G., CHAUVEL, A., QUEIROZ NETO, J. P. tribuição ao conhecimento dos horizon as Estruturadas. Aplicação dos método nulométrica e da micromorfologia para seu tipo e organização. In: CONGRESSO NCIA DO SOLO, 13, 12 a 22 de julho de umos... Vitória, Sociedade Brasileira o, 1973. 201 p. p. 120-121.
- G., CHAUVEL, A., MELFI, A. J. Reche stitution et la genèse des Terra Roxa sil. *Annales Agronomiques*, Paris, 27: 6.
- CSI, A. *O manejo ecológico dos solo*. el, 1987. 541 p.

- RANDO, E. M. *Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional*. Lavras : ESAL, 1981. 161 p.
Mestrado em Agronomia. ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS, 1981.
- ROBINSON, F. E. Required percent air space for normal growth of sugar cane. *Soil Science*, Baltimore, 98: 206-207, 1964.
- ROTH, C. H., CASTRO FILHO, C. de, MEDEIROS, G. B. de. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15(3): 241-248, set/dez 1991.
- RUSSELL, E. J., RUSSELL, E. W. *Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas*. 4 ed. Madrid : Aguilar, 1968. 801 p.
- RUSSELL, E. J., RUSSELL, E. W. *Soil conditions and plant growth*. 10 ed. London : Longman, 1973. 849 p.
-
- SANCHEZ, P. A. *Properties and mangement of soils in the tropics*. New York : John Wiley and Sons, 1976. 617 p.
- SCARDUA, R. *Porosidade livre de água de dois solos do município de Piracicaba - SP*. Piracicaba : ESALQ, 1972. 83 p. Tese de Mestrado.
- SCHWERTZMANN, V., TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J., Weed, S. *Mineral in soil environments*. Madison : Soil Science Society of America, p. 145-180, 1977.
- SKIDMORE, E. L., CARSTENSON, W. A., BANBURY, E. E. Soil changes resulting from cropping. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 39(5): 964-967, set/out 1975.
- TIESSEN, H., STEWART, J. W. B., HUNT, H. W. Concepts of soil organic matter transformations in relation to organo-mineral particle size fractions. *Plant and Soil*, 76(1-3): 287-295, 1984.
- TISDALL, J. M., OADES, J. M. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, 18(4): 415-422, nov. 1980.
-
- TISDALL, J. M., OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. *The Journal of Soil Science*, London, 33(2): 141-163, jun 1982.

- TROUSE JR., A. C. Soil conditions as they affect plant establishment, root development and yield : a present knowledge and need for research. In: BARNES, K. K., CARLETON, W. M., TAYLOR, H. M., THROCKMORTON, R. I., WANDEN BERG, G. E. *Compaction of agricultural soils*. St. Joseph : ASAE, 1971. p. 225-240.
- VERHEYE, W. Nature and evolution of soils developed on the granite complex in the subhumid tropic (Ivory Coast). I. Morphology and classification. *Pedology*, 24(3): 266-282, 1984.
- VAN RAIJ, B., PEECH, M. Electrochemical properties of some toxisols and alfisols of the tropics. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36(4): 587-593, 1972.
- WARKETIN, B. P. Effects of compaction on content and transmission of water in soils. In: BARNES, K. K., CARLETON, W. M., TAYLOR, H. M., THROCKMORTON, R. I., WANDEN BERG, G. E. *Compaction of agricultural soils*. St. Joseph : ASAE, 1971. p. 126-153.
-
- WESSILING, J., VAN WIJK, W. R. Soil Physical conditions in relation to drain depth. In: *Drainage of agricultural lands*. Madison : James N. Luthin (ed.). American Society of Agronomy (publisher). vol. 7, p. 461-504, 1957. 620 P.
- 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*, 28(5): 337-351, may 1936.

APÊNDICE 1

DESCRICÇÕES MICROMORFOLÓGICAS

Perfil 1 (Mata) - horizonte AB

1. GRÃOS: ocupam cerca de 10% da área total da lâmina, sendo predominantes na fração areia fina, arredondados e subangulosos. 95% são de quartzo e 5% de minerais opacos pretos e carvão. ~~Encontram-se traços de turmalina e zircão.~~

A distribuição dos grãos em relação ao plasma é intertética a aglutínica.

2. PLASMA: ocupa cerca de 70% da área total da lâmina. É bruno-avermelhado (2,5 YR 4/4) a olho nu, bruno-forte (7,5 YR 5/8) em luz plana e vermelho (10 R 5/8) em polarizadores cruzados. Apresenta estrutura plásmica predominantemente insépica, com algumas zonas isóticas.

3. POROS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, predominando micro e mesoporos, do tipo poros de empilhamento compostos. Ocorrem também canais. Alguns poros apresentam mais de 1 mm de diâmetro médio.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1. NÓDULOS: traços de nódulos ferruginosos, vermelho escuros, com cerca de 0,1 mm de diâmetro médio, limites nítidos.

4.2. PELOTAS FECAIS E/OU DRAIS: observa-se em toda a extensão da lâmina micropeds bem arredondados, ora reunidos dentro de poros, ora isolados no meio do plasma, apresentando a mesma coloração da matriz ao redor.

5. PEDS: macroscopicamente, observa-se uma estrutura ultrafina granular. Microscopicamente, observa-se a presença de micropeds arredondados e irregulares, com aproximadamente 0,03 mm de diâmetro, que apresentam-se fundidos uns aos outros, formando agregados maiores e irregulares, cujo diâmetro varia de 0,05 a 2,0 mm. Esses agregados compostos apresentam-se pouco individualizados, unidos por braços de plasma, sendo muito porosos, com poros intrapedais do tipo canais e cavidades.

6. RAÍZES: a amostra apresenta 1% de cortes transversais e longitudinais de raízes, muitas delas em adiantado estado de decomposição.

Perfil 2 (Soja) - horizonte AB

1. GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, predominantemente subangulosos e arredondados, alguns angulosos, estando aproximadamente 60% na fração areia fina e 40% na fração areia grossa. 90% são de quartzo, 10% de carvão e minerais opacos pretos.

A distribuição dos grãos em relação ao plasma é intertética a porfirogrânica (BREWER, 1976).

2. PLASMA: ocupa cerca de 50% da área total da lâmina. É bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4) a olho nu, vermelho (10 R 5/8) em luz plana, vermelho (2,5 YR 4/8) em polarizadores cruzados. Em relação à estrutura do plasma, algumas zonas apresentam muito poucas separações plásmicas, definindo uma estrutura plásmica quase isótica. Noutras observam-se separações plásmicas isoladas, caracterizando uma estrutura plásmica insépica. Aparecem ainda, ocasionalmente, separações plásmicas estriadas, parecendo indicar zonas de tensão.

Estrutura plásmica massépica:

3.POROS: ocupam cerca de 25% da área total da lâmina. São predominantes os poros de empilhamento compostos. Observa-se algumas cavidades e alguns poros aplainados irregulares muito finos.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1. NÓDULOS: traços de nódulos sesquioxídicos, vermelho escuro, arredondados, com limites nítidos, e diâmetro variando entre 0,05 e 2,0 mm; ~~nódulos ou artefatos (feições produzidas durante a confecção da lâmina)~~ criptocristalinos com diâmetro entre 0,1 e 2,0 mm;

5. PEDS: macroscopicamente, observam-se uma estrutura ultrafina granular. Microscopicamente, observa-se micropeds irregulares e arredondados, fundidos uns aos outros, formando agregados maiores, de formato irregular. Os micropeds apresentam diâmetro de cerca de 0,03 mm. Os microagregados maiores tem diâmetro variável, de 0,05 a mais de 2,0 mm. Esses microagregados apresentam-se bastante porosos, com poros intrapedais do tipo canal e algumas cavidades.

6. RAÍZES: traços de cortes transversais e longitudinais de raízes, muito decompostas.

OBSERVAÇÃO: Observam-se aproximadamente 2% de feições que parecem-se com nódulos criptocristalinos, de diâmetro variando entre 0,1 e 2,0 mm, alguns ocorrendo dentro de estruturas alveolares. Existe, entretanto, a possibilidade de serem artefatos.

Perfil 3 (Soja) - horizonte AB

1. GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, sendo predominantemente subangulosos e arredondados, a maioria na fração areia fina. 50% são de quartzo e 50% de minerais opacos pretos e carvão. Observa-se traços de turmalina. A distribuição dos grãos em relação ao plasma é intertética e aglutínica.

2. PLASMA: ocupa 55% da área total da lâmina. É vermelho (2,5 YR 4/6) a olho nu, vermelho (2,5 YR5/8) em luz plana e vermelho (10 R 4/8) em polarizadores cruzados. A estrutura plásmica é predominantemente isótica, com alguma tendência para estriada concêntrica.

3.POROS: Ocupam cerca de 25% da área total da lâmina. São predominantes os poros de empilhamento compostos e poros aplainados, com até 0,3 mm de diâmetro, classificados como macroporos muito pequenos, ocorrendo também poucos poros de dimensões maiores.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1. NÓDULOS: nódulos criptocristalinos, alguns ocorrendo no interior das estruturas alveolares.

4.2. PELDTAS FECAIS E/OU ORAIS: observa-se algumas zonas com micropeds ou pelotas fecais arredondadas a irregulares, de até 0,01 mm de diâmetro médio.

5. PEDS: Macroscopicamente observa-se a predominância de uma estrutura ultrafina granular, onde ocorrem nódulos densos (correspondendo a aproximadamente 10% da área total da lâmina), com diâmetros que variam de 1,0 a 10,0 mm. Microscopicamente, verifica-se que na maior parte da área da lâmina ocorrem micropeds irregulares, com aproximadamente 0,05 mm de diâmetro, unidos por curtos braços de plasma ou fundidos uns aos outros, formando microagregados maiores e

arredondados, com diâmetro médio de 0,25 mm. Nas áreas mais densas, que podem ser classificadas como nódulos, observa-se quase total ausência de micropeds com exceção de agrupamentos de microagregados arredondados, menores que 0,02 mm, que parecem ser o resultado de atividade biológica (pelotas fecais e/ou orais).

Perfil 4 (Abacate) - horizonte AB

1.GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, ~~predominantemente na fração areia fina, a maioria deles~~ subangulosos e subarredondados. 70% são de quartzo e 30% são de carvão e minerais opacos pretos, além de traços de turmalina.

A distribuição dos grãos em relação ao plasma e intertética (BREWER., op.cit.) e "aglutinic" (ESWARAN & BAÑOS, 1976).

2.PLASMA: ocupa cerca de 50% da área total da lâmina. é vermelho (2,5 YR 4/8) a olho nu, vermelho (2,5 YR 5/8) em luz plana e vermelho (10 R 4/8) em polarizadores cruzados. Apresenta-se predominantemente isótico. A magnificações mais altas, observam-se separações plásmicas, pontuadas (estrutura

insépica), tendendo a formar auréolas (estrutura plásmica estriada circular) (BULLOCK et al., 1985).

3.POROS: ocupam cerca de 30% da área total da lâmina, predominando poros de empilhamento compostos, ocorrendo também poros aplainados muito finos, com cerca de 0,01 mm de espessura). Observa-se, utilizando-se a maior magnificação permitida pelo equipamento em uso (aumento de 1250 vezes) a presença de microporos, ultramicroporos ou criptoporos, embora não seja óticamente possível medi-los ou quantificá-los, devido à nitidez imperfeita.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1.NÓDULOS: traços de nódulos sesquioxídicos irregulares vermelho-escuros, com diâmetro médio de 0,1 mm. Limites nítidos a razoavelmente nítidos.

4.2.PELOTAS FECAIS E/OU ORAIS: observa-se dentro de alguns poros micropeds bem arredondados, com a mesma coloração da matriz ao redor. Parecem ser o produto da manipulação do material do solo pela fauna.

5.PEDS: macroscopicamente, observa-se uma estrutura ultrafina granular. Microscopicamente, observam-se microagregados regulares e arredondados, fundidos uns aos outros, formando agregados maiores, ainda de forma granular. Os agregados maiores tem diâmetro muito variável, de 0,1 até mais de 2.0 mm de diâmetro. Estes microagregados maiores apresentam-se muito porosos, com poros intrapedais dos tipos canais e cavidades.

6.RAÍZES: traços de cortes transversais e longitudinais de raízes muito decompostas.

Perfil 1 (Mata) - horizonte B21

1. GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, sendo subangulosos e subarredondados, 30% na fração areia grossa e 70% na fração areia fina. 97% são quartzo e 3% minerais opacos pretos e carvão. A distribuição dos grãos em relação ao plasma é intermediária entre intertética (BREWER, op.cit.) e "agglutinic". Observa-se traços de zircão e turmalina.

2. PLASMA: ocupa cerca de 60% da área total da lâmina. é ~~vermelho (2,5 YR 4/8) a olho nu, vermelho amarelado (5 YR 5/8)~~ em luz plana e vermelho (10 R 5/8) em polarizadores cruzados. Estrutura plásmica predominantemente isótica, ocasionalmente apresentando uma fina auréola anisotrópica ao redor de alguns micropeds mais individualizados. Na matriz interna de alguns micropeds observa-se também, ocasionalmente, pequenas separações plásmicas, ora pontuais, ora estriadas, insuficientes para definir uma estrutura insépica ou massépica.

Observa-se também, em cerca de 75% da área total do plasma, uma estrutura alveolar, isto é, com células parecidas as dos favos de mel. Em luz plana, as paredes dos alvéolos apresentam a mesma coloração dos micropeds.

Entre polarizadores cruzados as paredes dos alvéolos apresentam-se anisotrópicas, como películas de argila orientada. Geralmente, o interior dos alvéolos é constituído por material criptocristalino. Cada celuzinha alveolar tem diâmetro da ordem de 0,10 mm.

3.POROS: Ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, sendo predominantemente do tipo empilhamento compostos. Os macroporos ocupam aproximadamente 70% do total de poros, os mesoporos 20% e o restante é ocupado por microporos. Essa observação foi realizada numa magnificação correspondente a um aumento de 80 vezes.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS:

4.1.1. NÓDULOS: traços de nódulos sesquioxídicos arredondados, vermelho-escuros a pretos, com diâmetro variando de 0,02 mm a 1,0 mm. Limites nítidos.

4.2. PEDOTUBOS: ocupam cerca de 40% da área total da lâmina. O maior deles mede aproximadamente 5 cm de comprimento por 1 cm de largura, parecendo ter-se originado de um canal de raiz. Apresenta em seu interior o corte transversal de uma raiz não

decomposta. Outros pedotubos menores são observados, medindo aproximadamente 1,0 cm de diâmetro. São preenchidos por micropeds arredondados e irregulares, bem individualizados e grãos (agrotubos (BREWER, op.cit.)). Distinguem-se da matriz ao redor (transição relativamente nítida) por esta apresentar micropeds fundidos uns aos outros.

5.PEDS: macroscopicamente, observa-se uma pequena tendência a formação de estrutura ultrafina granular, com exceção das zonas ocupadas pelos pedotubos, que internamente apresentam uma estrutura ultrafina granular bem definida.

~~Microscopicamente observam-se, nas áreas externas aos~~ pedotubos, micropeds arredondados e irregulares, de diâmetro médio igual a 0,02 mm, fundidos uns aos outros, formando ora um plasma quase que contínuo, extremamente poroso, ora microagregados irregulares, maiores, ligados uns aos outros.

Nas áreas internas dos pedotubos, observam-se micropeds arredondados e irregulares, bem individualizados, de aproximadamente 0,03 mm de diâmetro. É importante ressaltar que os pedotubos ocupam grande parte da área total da lâmina.

6.RAÍZES: observam-se traços de cortes transversais de raízes pouco decompostas.

Perfil 2 (Soja) - horizonte B23

1. GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, predominam nas frações areias, são subangulosos ou arredondados, pouco angulosos. 90% são de quartzo e 10% de minerais opacos pretos, ocorrendo traços de carvão, zircão e turmalina. Distribuição dos grãos em relação ao plasma "agglutinic".

2. PLASMA: ocupa cerca de 40% da área total da lâmina. É vermelho-escuro (2,5 YR 3/6) a olho nu, vermelho (10 R 4/8) em luz plana e vermelho-escuro (10 R 3/6) entre polarizadores cruzados. Estrutura plásmica predominantemente estriada circular e estriada concêntrica (BULLOCK et al., op.cit.). Alguns micropeds apresentam matriz interna variando de bastante estriada a completamente anisotrópica. Os micropeds completamente anisotrópicos apresentam-se tão diferenciados do plasma ao redor que preferiu-se classificá-los como nódulos.

3. POROS: ocupam cerca de 40% da área total da lâmina, predominando poros de empilhamento compostos, ocorrendo também poucos poros aplainados muito finos. Predominam os macroporos.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1. NÓDULOS: traços de nódulos sesquioxídicos arredondados, vermelho-escuros, com diâmetro variando aproximadamente entre 1 e 0,10 mm, com limites nítidos; traços de nódulos anisotrópicos (micropeds totalmente anisotrópicos), que diferenciam-se do plasma ao redor apenas em polarizadores cruzados; nódulos ou artefatos (feições produzidas durante a confecção das lâminas) criptocristalinos, ocorrendo em grupo, em forma de cachos (botrióides), preenchendo parcialmente poros; outros nódulos ou artefatos com estrutura interna alveolar, em que as paredes dos alvéolos são total ou parcialmente constituídas por películas de argila anisotrópica, orientadas, com faixa de extinção, e com o interior dos alvéolos constituído por material criptocristalino semelhante aos nódulos anteriormente descritos.

4.1.2. PEDOTUBOS: Observam-se estruturas localizadas na borda da lâmina, de forma bastante variada, ora arredondada ora angulosa, com 1,0 a 6,0 mm de diâmetro, constituídos por um plasma denso, grãos, poros (cavidades) e nódulos sesquioxídicos, tratando-se, possivelmente, de fragmentos de

pedotubos. Há outro possível fragmento de pedotubo, também próximo a borda da lâmina, com aproximadamente 10,0 mm de comprimento por 2,0 mm de largura, com estrutura interna alveolar.

4.2.CUTÁS

4.2.1.ARGILÁS DE TENSÃO: traços, finos, estriados, localizados ao redor de alguns grãos, limites nítidos.

Perfil 3 (Soja) - horizonte B23

1.GRÃOS: ocupam cerca de 15% da área total da lâmina, ocorrem predominantemente nas frações areia fina e silte e são subangulosos e arredondados. 50% são de quartzo, 50% de minerais opacos pretos e carvão. Distribuição dos grãos em relação ao plasma "agglutinic".

2.PLASMA: ocupa cerca de 45% da área total da lâmina. É vermelho-escuro (2,5 YR 3/6) a olho nu, vermelho (2,5 YR 5/8) em luz plana e vermelho (10 R 4/8) em polarizadores cruzados. Parte do plasma apresenta-se isótico, outra parte apresenta estrutura plásmica estriada circular. Muitos micropeds

apresentam em seu interior uma estrutura inséptica a masséptica.

3.POROS: ocupam cerca de 40% da área total da lâmina, predominando poros de empilhamento compostos, ocorrendo também canais. Quanto ao tamanho, predominam os meso e microporos.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1.NÓDULOS: traços de nódulos ferruginoso regulares subarredondados, vermelho-escuros, com diâmetro entre 0,01 mm e 0,05 mm. Limites nítidos.

4.2.PELOTAS FECAIS E/OU ORAIS: Observam-se alguns micropeds isolados, bem arredondados, ora mais escuros ora com a mesma coloração da matriz ao redor. Parecem ser o produto da manipulação do material do solo pela fauna.

4.3.PEDOTUBOS: Há dois cortes transversais de prováveis pedotubos, visíveis macroscopicamente, medindo de 10,0 a 10,5 mm de diâmetro, arredondados. São delimitados por paredes adensadas, cujas unidades estruturais parecem ter sido unidas

pela passagem da fauna ou de raiz. No interior destas estruturas, os micropeds parecem estar mais individualizados, arredondados e distanciados entre si do que na matriz ao redor. Observa-se, ainda, um corte longitudinal de um outro pedotubo, com cerca de 5,0 cm de comprimento e 1,0 mm de largura, parcialmente fragmentado, mais adensado que a matriz ao redor, que é composta por micropeds individualizados.

5.PEDS: macroscopicamente, observa-se uma estrutura ultrafina granular. Microscopicamente, observam-se micropeds arredondados e irregulares, com diâmetros que variam de 0,03 mm a 0,5 mm. Aproximadamente 50% dos microagregados apresentam-se escurecidos por matéria orgânica. Observa-se ainda que aproximadamente 2% dos micropeds arredondados apresentam-se bastante anisotrópicos, estrutura plásmica insépica a massépica, contrastando com os micropeds isóticos, que constituem a maioria.

6.RAÍZES: raízes típicas não foram encontradas, porém observam-se alguns fragmentos de tecido carbonizado.

ATIVIDADE BIOLÓGICA: muito marcante parecendo ter forte influência na definição da microestrutura. Tudo indica que as diferenças na concentração dos agregados (ver descrição de pedotubo) devem-se à atividade biológica.

Perfil 4 (Abacate) - horizonte B23

1. GRÃOS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, predominantemente na fração areia fina, ocorrendo também menores proporções nas frações areia grossa e silte, sendo subangulosos e subarredondados. 85% são de quartzo e 15% de material opaco preto. Distribuição dos grãos em relação ao plasma "agglutinic".

2. PLASMA: ocupa cerca de 60% da área total da lâmina. é vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/4) a olho nu, vermelho ~~(2,5 YR 4/8)~~ em luz plana e vermelho (10 R 4/8) em polarizadores cruzados. Estrutura plásmica estriada circular (BULLOCK et al., op.cit.).

3. POROS: ocupam cerca de 20% da área total da lâmina, predominando os microporos (cerca de 70%), do tipo poros de empilhamento compostos; os 30% restantes são de mesoporos. Observa-se também expressiva quantidade de canais.

4. ESTRUTURAS ASSOCIADAS

4.1. GLÉBULAS

4.1.1. NÓDULOS: Há traços de nódulos ferruginosos, vermelho-escuros a pretos, irregulares a subarredondados, com diâmetro entre 0,5 mm e 2,0 mm, com grãos de quartzo nas frações areia fina e silte. Apresentam limites nítidos. Observam-se, ainda, traços de nódulos regulares, de coloração um pouco mais escura que a matriz ao redor, arredondados e alongados, com limites relativamente difusos e diâmetro inferior a 0,5 mm. ~~Parecem ser o produto da manipulação do material do solo pela~~ fauna.

4.2. PEDOTUBOS: aproximadamente 50% da área total da lâmina é constituída por secções transversais e longitudinais de pedotubos, a maioria visível a olho nu, chegando a apresentar até 1,0 cm de diâmetro. São compostos por grãos do esqueleto e plasma, os quais formam microagregados reconhecíveis, bem individualizados, dentro dos quais não há nenhuma orientação dos agregados em relação a matriz externa (agrotubos (BREWER, op.cit.)). Os agregados que constituem os limites externos dos pedotubos apresentam-se fundidos uns aos outros, com aspecto contínuo, provavelmente adensados pela passagem da fauna ou da raiz que deu origem a estrutura. Grande parte deles

encontra-se preenchida por material microgranulado, bem arredondado, de coloração mais amarelada que a matriz ao redor. Parecem pelotas fecais/orais. Limites nítidos.

4.3. PELOTAS FECAIS E/OU ORAIS: além das pelotas fecais/orais que preenchem grande parte dos pedotubos, observa-se, por todo o plasma, microagregados com a mesma coloração da matriz ao redor, porém mais arredondados, agrupados sem estarem, contudo, delimitados de maneira a formar uma estrutura definida.

~~5. PEDS: macroscopicamente, observa-se uma estrutura ultrafina granular. Microscopicamente, observa-se uma microestrutura granular, composta predominantemente por agregados subarredondados com frequentes espaços porosos. Os peds são densos, apesar de que ocorrem com frequência poros intrapedais do tipo canal. Os micropeds variam em diâmetro aproximadamente entre 0,2 mm a 10,00 mm. A atividade biológica (fauna e flora) parece ser um importante fator no arranjo do material como um todo. Os microagregados que constituem o plasma ao redor dos pedotubos apresentam-se fundidos uns aos outros, o que lhes dá um aspecto contínuo; porém, as auréolas anisotrópicas da estrutura deste plasma são ainda visíveis.~~

6. RAÍZES: traços de cortes transversais e longitudinais de raízes, em adiantado estado de decomposição

GLOSSÁRIO

"AGGLUTINIC": Tipo de padrão de distribuição relacionada específico entre plasma e grãos, no qual o plasma forma forma agregados não acomodados, do tamanho das frações areia ou silte, que podem incluir grãos de silte e/ou areia. Algumas vezes os agregados apresentam uma margem superficial ou subsuperficial de argila orientada. (Baseado em ESWARAN & BAÑOS, 1976).

AGROTUBOS: Tipo de pedotubos constituído por grãos e plasma, que formam agregados que não apresentam arranjo direcional com relação à forma externa; também podem ocorrer grãos individuais. A trama interna corresponde à aglomeroplásmica em alguns casos (Baseado em BREWER, 1976).

ARGILÃ DE TENSÃO: modificação na trama da superfície natural de materiais de solo devido à reorientação dos argilominerais provocada por tensões originadas de movimentos de expansão e contração, atividade biológica e outros.

CANAIS: poros de forma tubular, maiores que os que resultariam do empilhamento normal de grãos individuais. Têm normalmente paredes alisadas.

CAVIDADES: (em inglês "vughs") poros normalmente maiores que os resultantes do empilhamento de grãos ou indivíduos compostos, usualmente irregulares quanto à forma e não ligados a outros poros de tamanho comparável por canais, isto é, nas magnificações em que são reconhecidos, eles aparecem como entidades discretas.

CONCREÇÕES: glébulas com trama concêntrica em torno de um ponto, uma linha ou um plano.

ESTRUTURAS ASSOCIADAS ou FEIÇÕES PEDOLÓGICAS: unidades reconhecíveis num material de solo por diversas razões, tais como origem (deposição como uma entidade), diferença na concentração de alguma fração do plasma ou diferenças no arranjo dos constituintes (trama). As estruturas associadas referidas neste trabalho são argilãs, pedotubos, glébulas e pelotas fecais ou orais.

ESTRUTURA PLÁSMICA: é a maneira como estão organizados os minerais na fração argila no material do solo. Em vista da pequena dimensão dos cristais componentes, não é possível observar diretamente sua organização. Através de suas propriedades óticas, pode-se, no entanto, tirar conclusões. Os cristais de argila podem organizar-se em domínios de orientação relativa, que têm padrões diferenciados de

extinção ótica quando observados ao microscópio petrográfico entre polarizadores cruzados.

ESTRUTURA PLÁSMICA ESTRIADA CIRCULAR: estrutura do plasma onde as zonas birrefringentes estão arranjadas na forma de anéis circulares localizados nas bordas dos microagregados (baseado em BULLOCK et al, 1985).

ESTRUTURA PLÁSMICA ESTRIADA CONCÊNTRICA: estrutura do plasma onde os anéis birrefringentes estão arranjados de forma concêntrica (baseado em BULLOCK et al, 1985).

GLÉBULAS: estruturas associadas que se apresentam como unidades tridimensionais que aparecem no interior da matriz, de forma aproximadamente elipsoidal alongada ou arredondada; sua morfologia (especialmente tamanho, forma e trama interna) é incompatível com sua presente ocorrência num poro isolado do atual material do solo (sugerindo ter sido herdada). São reconhecíveis como unidades quer por causa de uma maior concentração de algum constituinte e/ou diferença na trama interna, quando comparada ao material envolvente, quer porque têm uma transição distinta do material envolvente. As glébulas referidas neste trabalho são nódulos, concreções e pápulas.

GRÃOS de um material de solo são partículas individuais de tamanho superior ao coloidal ($> 0,002$ mm), consistindo em partículas minerais originalmente presentes no material de origem e em corpos silicosos e orgânicos resistentes. São também referidos como "grãos do esqueleto" ou "grãos detríticos".

INTERTÉXTICA: distribuição dos grãos em relação ao plasma onde os grãos estão ligados por braços intergranulares ou envoltos numa massa porosa (a matriz no significado petrológico).

MATERIAL DO SOLO: unidade de estudo em micromorfologia, na qual as características em estudo são relativamente constantes, e que variarão de tamanho de acordo com o tipo e extensão de desenvolvimento delas. Os constituintes básicos do material do solo são: grãos, plasma e poros.

MATRIZ-S: material que se encontra no interior dos pedos primários, ou composito material apédico, no qual ocorrem as estruturas associadas (que podem, por sua vez, ter sua própria matriz-s interna). É o conjunto do plasma e/ou grãos primários e poros associados, que não ocorrem como estruturas associadas outras que tramóides. No Brasil, tem sido referida também como "fundo matricial".

NÓDULOS: glébulas com trama interna indiferenciada; neste contexto, trama interna indiferenciada inclui a trama de solo ou de rocha.

PÁPULAS: Glébulas compostas predominantemente por argilo-minerais com trama contínua e/ou lamelar; têm limites externos (transições) nítidos.

PED: agregado individual natural do solo, consistindo em um aglomerado de partículas separado de agregados adjacentes, quer por superfícies de fraqueza reconhecíveis, como poros naturais, quer por ocorrência de cutãs.

PEDOTUBOS: estruturas associadas consistindo em grãos ou grãos e plasma, tendo forma externa tubular, quer em tubos isolados, quer ramificados. Sua forma externa é consonante com a definição de canais.

PLASMA de um material de solo é todo material de tamanho coloidal ($< 0,002$ mm), relativamente solúvel, que não está retido em grãos do esqueleto; consiste em material mineral (amorfo e cristalino) e orgânico, que é capaz de ser, ou que tenha sido, movimentado e/ou concentrado pelos processos de formação do solo.

PLASMA ISÓTICO: (isótico: derivado de isotrópico) estrutura do plasma caracterizada por este apresentar-se totalmente isotrópico, mesmo nas mais altas magnificações e intensidades de luz. Pode-se subdividir este tipo de estrutura plásmica de acordo com a causa das características isotrópicas: verdadeira isotropia dos minerais ou opacidade devida a óxidos de ferro, matéria orgânica, etc.

PLASMA INSÉPICO: (in: de insular, significando ilha) estrutura do plasma onde os tramóides com orientação estriada ocorrem em pedaços isolados, como ilhas.

PLASMA MASSÉPICO: (ma: de matriz) estrutura do plasma onde os tramóides ocorrem em zonas da matriz-s aparentemente não associadas às paredes dos poros ou superfícies dos grãos. As zonas podem ser subparalelas ou desorientadas em relação umas às outras, ou podem ocorrer em conjuntos de duas ou três zonas subparalelas, cada conjunto com uma inclinação definida em relação aos outros.

PELOTAS FECAIS E/OU ORAIS: estruturas associadas constituídas por materiais orgânicos com ou sem mistura mineral, aparentemente expelidas ou processadas pela fauna do solo, tendo forma e tamanho variáveis de acordo com o tipo de animal que os expelem ou processam. Podem ocorrer como

pedotubos ou glébulas, ou como unidades discretas, isto é, não ligadas a outras pelotas fecais (pelota fecal simples), ou em grupos ou agregados (pelotas fecais agregadas).

POROS: partes do solo ocupadas por ar ou por água do solo (FITZPATRICK, 1980). Algumas vezes são chamadas de "vazios". BREWER (1976) classifica os poros, quanto ao tamanho, em:

CLASSE	SUBCLASSE	LIMITE DE DIÂMETRO (μ m)
Macroporos.....		> 75
	Macroporos grandes.....	> 5.000
	Macroporos médios.....	2.000-5.000
	Macroporos pequenos.....	1.000-2.000
	Macroporos muito pequenos.....	75-1.000
Mesoporos.....		30-75
Microporos.....		5-30
Ultramicroporos.....		5-0,01
Criptoporos.....		< 0,01

POROS DE EMPILHAMENTO SIMPLES OU POROS INTERGRANULARES:

aqueles resultantes do empilhamento aleatório de grãos simples.

POROS DE EMPILHAMENTO COMPOSTOS: poros resultantes do empilhamento de indivíduos compostos, tais como pedr, que não se acomodam uns aos outros.

TRAMA: Constituição física de um materia de solo expressa por tamanho, forma e arrançamento espacial das partículas sólidas e dos poros associados às mesmas. Também referida como "fábrica".

APÉNDICE 2

Resultados de estabilidade de agregados em água, expressos em DMP, determinados a partir de duas subamostras e o coeficiente de variação obtido entre elas.

PERFIL 1 (MATA)

HORIZONTE A		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,036	0,0023	0,000	0,0000	0,65
0,125-0,250	0,1875	0,029	0,0054	0,020	0,0038	
0,250-0,500	0,375	0,024	0,0090	0,029	0,0109	
0,500-1,000	0,750	0,029	0,0218	0,031	0,0233	
1,000-2,000	1,500	0,053	0,0795	0,053	0,0795	
2,000-6,35	4,175	0,861	<u>3,5947</u>	0,867	<u>3,6197</u>	
			DMP=3,7127		DMP=3,7372	

HORIZONTE AB		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,077	0,0048	0,069	0,0043	1,45
0,125-0,250	0,1875	0,071	0,0133	0,089	0,0167	
0,250-0,500	0,375	0,110	0,0414	0,123	0,0461	
0,500-1,000	0,750	0,158	0,1181	0,181	0,1358	
1,000-2,000	1,500	0,247	0,3710	0,194	0,291	
2,000-6,35	4,175	0,338	<u>1,4091</u>	0,344	<u>1,4362</u>	
			1,9577		1,9301	

HORIZONTE B21		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1061	0,0066	0,143	0,0089	3,58
0,125-0,250	0,1875	0,1047	0,0196	0,125	0,0234	
0,250-0,500	0,375	0,1672	0,0627	0,164	0,0615	
0,500-1,000	0,750	0,2026	0,1520	0,157	0,1178	
1,000-2,000	1,500	0,2007	0,3011	0,155	0,2325	
2,000-6,35	4,175	0,2186	<u>0,9127</u>	0,255	<u>1,0646</u>	
			1,4547		1,5087	

HORIZONTE B22		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,071	0,0044	0,1095	0,0068	35,3
0,125-0,250	0,1875	0,097	0,0182	0,1547	0,0290	
0,250-0,500	0,375	0,136	0,051	0,1729	0,0648	
0,500-1,000	0,750	0,170	0,1275	0,1911	0,1433	
1,000-2,000	1,500	0,154	0,231	0,1255	0,1883	
2,000-6,35	4,175	0,370	<u>1,5448</u>	0,2464	<u>1,0287</u>	
			1,9769		1,4609	

HORIZONTE B23		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,093	0,0058	0,1246	0,0078	23,6
0,125-0,250	0,1875	0,118	0,0221	0,1152	0,0216	
0,250-0,500	0,375	0,122	0,0458	0,1608	0,0603	
0,500-1,000	0,750	0,111	0,0833	0,1378	0,1034	
1,000-2,000	1,500	0,113	0,1695	0,1359	0,2039	
2,000-6,35	4,175	0,442	<u>1,8454</u>	0,3258	<u>1,3602</u>	
			2,1719		1,7572	

PERFIL 2 (SOJA)

HORIZONTE Ap		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,2563	0,0160	0,2012	0,0126	6,2
0,125-0,250	0,1875	0,1137	0,0213	0,1623	0,0304	
0,250-0,500	0,375	0,1576	0,0591	0,1989	0,0746	
0,500-1,000	0,750	0,1812	0,1359	0,1560	0,117	
1,000-2,000	1,500	0,1178	0,1767	0,1284	0,1926	
2,000-6,35	4,175	0,1735	<u>0,7244</u>	0,1533	<u>0,6400</u>	
			1,1334		1,0672	

HORIZONTE AB		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1541	0,0096	0,0718	0,0045	3,35
0,125-0,250	0,1875	0,1952	0,0366	0,1716	0,0322	
0,250-0,500	0,375	0,1884	0,0707	0,2355	0,0883	
0,500-1,000	0,750	0,1667	0,1250	0,1868	0,1401	
1,000-2,000	1,500	0,1043	0,1565	0,1579	0,2370	
2,000-6,35	4,175	0,1913	<u>0,7987</u>	0,1764	<u>0,7365</u>	
			1,1971		1,2386	

HORIZONTE B21		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1133	0,0071	0,1332	0,0083	25,5
0,125-0,250	0,1875	0,1221	0,023	0,1413	0,0265	
0,250-0,500	0,375	0,1450	0,0544	0,1904	0,0714	
0,500-1,000	0,750	0,1504	0,1128	0,1529	0,1147	
1,000-2,000	1,500	0,1841	0,2762	0,1832	0,2748	
2,000-6,35	4,175	0,2852	<u>1,1907</u>	0,1990	<u>0,8308</u>	
			1,6642		1,3265	

HORIZONTE B22		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1488	0,0093	0,1886	0,0118	1,29
0,125-0,250	0,1875	0,1536	0,0288	0,1360	0,0255	
0,250-0,500	0,375	0,1531	0,0574	0,1915	0,0718	
0,500-1,000	0,750	0,1589	0,1192	0,1481	0,1111	
1,000-2,000	1,500	0,1580	0,237	0,1652	0,2478	
2,000-6,35	4,175	0,2275	<u>0,9498</u>	0,2193	<u>0,9156</u>	
			1,4015		1,3836	

HORIZONTE B23		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,096	0,0060	0,2161	0,0135	40,0
0,125-0,250	0,1875	0,181	0,0340	0,1923	0,0361	
0,250-0,500	0,375	0,2031	0,0762	0,1932	0,0725	
0,500-1,000	0,750	0,1796	0,1347	0,1580	0,1185	
1,000-2,000	1,500	0,1053	0,1580	0,0939	0,1409	
2,000-6,35	4,175	0,2351	<u>0,9815</u>	0,1465	<u>0,6116</u>	
			1,3902		0,0031	

PERFIL 3 (SOJA)

HORIZONTE Ap		AUBAMOSTRA 1		AUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,2126	0,0133	0,2358	0,0147	15,4
0,125-0,250	0,1875	0,0472	0,0089	0,0843	0,0158	
0,250-0,500	0,375	0,1333	0,0500	0,1351	0,0507	
0,500-1,000	0,750	0,1407	0,1055	0,1407	0,1055	
1,000-2,000	1,500	0,1944	0,2916	0,1807	0,2711	
2,000-6,35	4,175	0,2719	<u>1,1352</u>	0,2233	<u>0,9323</u>	
			1,6045		1,3901	

HORIZONTE AB		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (mm)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1069	0,0067	0,1487	0,0093	12,5
0,125-0,250	0,1875	0,1276	0,0239	0,1211	0,0227	
0,250-0,500	0,375	0,1061	0,0398	0,1233	0,0462	
0,500-1,000	0,750	0,1216	0,0912	0,1319	0,0989	
1,000-2,000	1,500	0,2316	0,3474	0,1819	0,2729	
2,000-6,35	4,175	0,3062	<u>1,2784</u>	0,2931	<u>1,1394</u>	
			1,7874		1,5894	

HORIZONTE B21		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,0914	0,0057	0,2293	0,0143	34,1
0,125-0,250	0,1875	0,1313	0,0246	0,1311	0,0246	
0,250-0,500	0,375	0,1597	0,0599	0,1590	0,0596	
0,500-1,000	0,750	0,1433	0,1075	0,1140	0,0855	
1,000-2,000	1,500	0,1832	0,2748	0,1707	0,2561	
2,000-6,35	4,175	0,2910	<u>1,2142</u>	0,1959	<u>0,8179</u>	
			1,6874		1,2580	

HORIZONTE B22		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1559	0,0097	0,2126	0,0133	17,5
0,125-0,250	0,1875	0,1437	0,0269	0,1291	0,0242	
0,250-0,500	0,375	0,1907	0,0715	0,1977	0,0741	
0,500-1,000	0,750	0,1690	0,1268	0,1594	0,1196	
1,000-2,000	1,500	0,1035	0,1553	0,1170	0,1755	
2,000-6,35	4,175	0,2372	<u>0,9903</u>	0,1941	<u>0,7686</u>	
			1,3805		1,1753	

HORIZONTE B23		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1878	0,0117	0,1479	0,0092	4,15
0,125-0,250	0,1875	0,1371	0,0257	0,1731	0,0325	
0,250-0,500	0,375	0,2113	0,0792	0,2563	0,0961	
0,500-1,000	0,750	0,1597	0,1198	0,1290	0,0968	
1,000-2,000	1,500	0,0932	0,1398	0,0949	0,1424	
2,000-6,35	4,175	0,2109	<u>0,8805</u>	0,1987	<u>0,8296</u>	
			1,2567		1,2066	

PERFIL 4 (ABACATE)

HORIZONTE Ap		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,0079	0,0005	0,0752	0,0047	13,2
0,125-0,250	0,1875	0,1068	0,0200	0,1382	0,0259	
0,250-0,500	0,375	0,1545	0,0579	0,1797	0,0674	
0,500-1,000	0,750	0,1627	0,1220	0,1923	0,1442	
1,000-2,000	1,500	0,1695	0,2543	0,1354	0,2031	
2,000-6,35	4,175	0,3277	<u>1,3681</u>	0,2792	<u>1,1657</u>	
			1,8228		1,6110	

HORIZONTE AB		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,1687	0,0105	0,1301	0,0081	0,91
0,125-0,250	0,1875	0,1371	0,0257	0,1632	0,0306	
0,250-0,500	0,375	0,2036	0,0764	0,2053	0,0770	
0,500-1,000	0,750	0,2100	0,1575	0,2217	0,1663	
1,000-2,000	1,500	0,1119	0,1679	0,1188	0,1782	
2,000-6,35	4,175	0,1687	<u>0,7043</u>	0,1609	<u>0,6718</u>	
			1,1423		1,1320	

HORIZONTE B21		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,0473	0,0030	0,1259	0,0079	6,92
0,125-0,250	0,1875	0,0970	0,0182	0,0879	0,0165	
0,250-0,500	0,375	0,1448	0,0543	0,1342	0,0503	
0,500-1,000	0,750	0,1757	0,1318	0,1442	0,1082	
1,000-2,000	1,500	0,1882	0,2823	0,1832	0,2748	
2,000-6,35	4,175	0,3470	<u>1,4487</u>	0,3246	<u>1,3552</u>	
			1,9383		1,8129	

HORIZONTE B22		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	P (g)	C x P	P (g)	C x P	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,0259	0,0016	0,2291	0,0143	19,4
0,125-0,250	0,1875	0,1432	0,0269	0,1199	0,0225	
0,250-0,500	0,375	0,1992	0,0747	0,1751	0,0657	
0,500-1,000	0,750	0,2385	0,1789	0,1444	0,1083	
1,000-2,000	1,500	0,1331	0,1997	0,1056	0,1584	
2,000-6,35	4,175	0,2600	<u>1,0855</u>	0,2259	<u>0,9431</u>	
			1,5673		1,3123	

HORIZONTE B23		SUBAMOSTRA 1		SUBAMOSTRA 2		C.V.
Classe (mm)	C (mm)	F (g)	C x F	P (g)	C x F	(%)
0,000-0,125	0,0625	0,2543	0,0159	0,2190	0,0137	13,6
0,125-0,250	0,1875	0,2257	0,0423	0,1975	0,0370	
0,250-0,500	0,375	0,1924	0,0722	0,2048	0,0768	
0,500-1,000	0,750	0,1085	0,0814	0,1308	0,0981	
1,000-2,000	1,500	0,0944	0,1416	0,0929	0,1394	
2,000-6,35	4,175	0,1247	<u>0,5206</u>	0,1549	<u>0,6467</u>	
			0,8740		1,0117	

APÊNDICE 3

Tabela 11 - Resultados Granulométricos

AMOSTRA	PROF. (cm)	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA
---------	------------	--------------	------------	-------	--------

PERFIL 1 (MATA)

A	0-20	16	17	29	38
AB	20-45	10	20	22	48
B21	45-75	9	19	25	47
B22	75-97	10	19	20	51
B23	97-125(+)	9	18	24	49

PERFIL 2 (SOJA)

Ap	0-15	11	19	19	51
AB	15-42	11	19	15	55
B21	42-70	9	18	16	57
B22	70-100	8	19	17	56
B23	100-125(+)	8	19	17	56

PERFIL 3 (SOJA)

Ap	0-12	8	13	23	56
AB	12-32	7	12	24	57
B21	32-60	6	11	19	64
B22	60-100	6	12	22	60
B23	100-130(+)	7	12	19	62

PERFIL 4 (ABACATE)

Ap	0-10	12	16	23	49
AB	10-32	13	17	16	54
B21	32-70	11	15	18	56
B22	70-100	10	15	17	58
B23	100-135(+)	9	14	18	59

Tabela 12 - Resultados químicos

AMOSTRA	pH Água KCl	Δ pH	M.O. P (%)	res. g/cm ³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	T	Saturação Bases Alúminio (V%) (m%)
							emg/100cm ³	TFSA				

PERFIL 1 (MATA)

A	5,8	4,7	-1,1	6,6	34	7,8	3,9	0,55	0	6,7	12,25	18,9	65	0
AB	4,3	3,2	-1,1	1,9	3	0,6	0,2	0,16	2,1	3,8	0,96	6,8	14	69
B21	4,2	3,2	-1,0	1,2	1	0,4	0,4	0,12	1,8	3,2	0,92	5,9	16	66
B22	4,5	3,5	-1,0	1,0	1	0,6	0,5	0,19	1,4	2,5	1,29	5,2	25	52
B23	4,9	3,5	-1,4	0,8	1	0,6	0,2	0,24	1,1	2,3	1,04	4,4	23	51

PERFIL 2 (SOJA)

Ap	4,6	3,9	-0,7	3,0	37	2,0	0,5	0,28	0,6	4,9	2,78	8,3	36	18
AB	4,2	4,0	-0,2	2,0	21	1,2	0,4	0,10	1,2	4,6	1,70	7,5	23	41
B21	4,3	3,9	-0,4	1,3	1	0,5	0,1	0,07	1,8	3,5	0,67	6,0	11	73
B22	4,7	4,1	-0,6	1,1	1	0,8	0,3	0,07	1,4	2,7	1,17	5,3	22	55
B23	4,8	4,2	-0,6	1,1	1	1,2	0,2	0,07	0,8	2,9	1,47	5,2	28	35

PERFIL 3 (SOJA)

Ap	6,6	5,9	-0,7	3,3	76	5,9	2,8	0,20	0	2,5	8,90	11,4	78	0
AB	6,7	5,9	-0,8	2,7	62	5,1	2,5	0,13	0	2,2	7,73	9,9	78	0
B21	4,8	4,2	-0,6	2,2	1	1,6	0,3	0,05	1	6,3	1,95	9,3	21	34
B22	4,7	4,1	-0,6	2,1	2	1,0	0,4	0,05	1,4	7,1	1,45	10,0	15	49
B23	4,7	4,1	-0,6	2,8	2	1,0	0,4	0,04	1,6	7,7	1,44	10,8	13	53

PERFIL 4 (ABACATE)

Ap	5,2	4,5	-0,7	3,2	23	2,4	0,9	0,11	0,2	6,1	3,41	9,71	40	6
AB	4,7	4,0	-0,7	3,2	17	0,8	0,3	0,02	1,0	6,1	1,12	8,22	14	47
B21	5,0	4,3	-0,7	2,5	4	1,0	0,4	0,02	0,2	4,1	1,42	5,72	25	12
B22	4,9	4,3	-0,6	1,3	4	0,4	0,4	0,01	0,2	3,5	0,81	4,51	18	20
B23	5,0	4,3	-0,7	1,3	3	0,8	0,3	0,01	0,1	3,0	1,11	4,21	26	8

Tabela 13 - Resultados de ataque sulfúrico

AMOSTRA	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)
PERFIL 1 (MATA)				
A	9,9	15,7	8,0	2,40
AB	12,1	20,5	11,2	2,52
B21	12,1	21,0	10,8	2,56
B22	12,6	21,0	11,7	2,80
B23	12,5	21,2	10,8	2,72
PERFIL 2 (SOJA)				
Ap	12,7	21,0	13,0	2,80
AB	12,8	20,9	11,9	2,84
B21	13,0	21,4	13,4	2,84
B22	12,6	20,6	13,2	2,84
B23	12,9	21,9	12,8	2,80
PERFIL 3 (SOJA)				
Ap	13,2	22,5	21,4	3,80
AB	11,3	23,6	22,4	4,04
B21	13,8	25,6	22,3	3,60
B22	13,2	23,4	21,4	3,68
B23	13,8	24,0	21,8	3,76
PERFIL 4 (ABACATE)				
Ap	11,0	20,5	19,7	3,92
AB	10,9	21,4	20,2	4,00
B21	11,2	21,4	19,0	3,80
B22	11,2	22,0	20,0	3,88
B23	11,3	21,9	19,3	3,88

Tabela 14 - Designação, profundidade e transição entre horizontes

AMOSTRA	PROFUNDIDADE (CM)	TRANSIÇÃO
<u>PERFIL 1 (MATA)</u>		
A	0 - 20	plana e gradual
AB	20 - 45	plana e gradual
B21	45 - 75	plana e difusa
B22	75 - 97	plana e gradual
B23	97 - 125(+)	-----
<u>PERFIL 2 (SOJA)</u>		
Ap	0 - 15	plana e gradual
AB	15 - 42	plana e gradual
B21	42 - 70	plana e difusa
B22	70 - 100	plana e difusa
B23	100 - 125(+)	-----
<u>PERFIL 3 (SOJA)</u>		
Ap	0 - 12	ondulada e gradual
AB	12 - 32	plana e difusa
B21	32 - 60	plana e difusa
B22	60 - 100	plana e difusa
B23	100 - 130(+)	-----
<u>PERFIL 4 (ABACATE)</u>		
Ap	0 - 10	ondulada e clara
AB	10 - 32	plana e gradual
B21	32 - 70	plana e gradual
B22	70 - 100	plana e difusa
B23	100 - 135(+)	-----

Tabela 15 - Coloração dos Solos (Munsell)

AMOSTRA	COR DO SOLO SECO	COR DO SOLO UMIDO
PERFIL 1 (MATA)		
Ap	10 R 3/4 vermelho-escuro-acinzentado	10 R 3/3 vermelho-escuro-acinzentado
AB	10 R 3/6 vermelho-escuro	10 R 3/4 vermelho-escuro-acinzentado
B21	10 R 3/6 vermelho-escuro	10 R 3/4 vermelho-escuro-acinzentado
B22	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 3/3 bruno-avermelhado-escuro
B23	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro
PERFIL 2 (SOJA)		
Ap	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro
AB	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B21	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B22	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B23	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
PERFIL 3 (SOJA)		
Ap	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro
AB	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B21	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B22	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B23	2,5 YR 3/4 bruno-avermelhado-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
PERFIL 4 (ABACATE)		
Ap	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
AB	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B21	2,5 YR 3/6 vermelho-escuro	2,5 YR 2,5/4 bruno-avermelhado-escuro
B22	10 R 3/6 vermelho-escuro	10 R 3/4 vermelho-escuro-acinzentado
B23	10 R 3/6 vermelho-escuro	10 R 3/4 vermelho-escuro-acinzentado

Tabela 16 - Textura e Estrutura dos Solos

AMOSTRA	CLASSE TEXTURAL	ESTRUTURA
PERFIL 1 (MATA)		
Ap	argila	forte grande grumosa
AB	argila	moderada pequena e média granular
B21	argila	moderada média granular
B22	argila	forte ultrafina granular
B23	argila	forte ultrafina granular
PERFIL 2 (SOJA)		
Ap	argila	forte muito grande blocos compactados
AB	argila	moderada média blocos subangulares e moderada média granular
B21	argila	moderada pequena a média granular
B22	argila	forte ultrafina granular
B23	argila	forte ultrafina granular
PERFIL 3 (SOJA)		
Ap	argila	moderada média e grande blocos subangulares
AB	argila	moderada média granular
B21	mta argiloso	fraca média granular
B22	mta argiloso	forte ultrafina granular
B23	mta argiloso	forte ultrafina granular
PERFIL 4 (ABACATE)		
Ap	argila	moderada pequena e média granular
AB	argila	fraca média e grande blocos subangulares e forte média granular
B21	argila	fraca pequena e média blocos subangulares e moderada pequena granular
B22	argila	forte ultrafina granular
B23	argila	forte ultrafina granular

Tabela 17 - Consistência dos Solos

AMOSTRA	SOLO SECO	SOLO ÚMIDO	SOLO MOLHADO
PERFIL 1 (MATA)			
Ap	duro	firme	muito plástico e muito pegajoso
AB	lig. duro	friável	muito plástico e muito pegajoso
B21	macio	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B22	macio	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B23	macio	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
PERFIL 2 (SOJA)			
Ap	muito duro	firme	muito plástico e muito pegajoso
AB	muito duro	friável	muito plástico e muito pegajoso
B21	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B22	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B23	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
PERFIL 3 (SOJA)			
Ap	duro	friável	muito plástico e muito pegajoso
AB	duro	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B21	lig. duro	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B22	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B23	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
PERFIL 4 (ABACATE)			
Ap	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
AB	-----	firme	muito plástico e muito pegajoso
B21	-----	friável	muito plástico e muito pegajoso
B22	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso
B23	-----	muito friável	muito plástico e muito pegajoso