

MICROPEDOLOGIA
CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE SOLOS DE PIRACICABA

DOUGLAS ALBERTO FERRAZ DE CAMPOS
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz» da
Universidade de São Paulo, para obten-
ção do título de Doutor em Agronomia

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo

1968

À Cidinha, -minha espôsa,

dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Eduardo Augusto Salgado, Catedrático da Cadeira nº 18, Geologia e Mineralogia, pelas sugestões e orientação.

Ao Prof. Ibrahim Octávio Abrahão, Professor da Disciplina Cristalografia e Mineralogia, pelas sugestões e assistência.

Ao Prof. Anivaldo Pedro Cobra, Professor de Disciplina da Cadeira nº 15, Mecânica e Máquinas Agrícolas, pelas sugestões e leitura do trabalho.

À Cadeira nº 13, Solos e Agrotecnia, através do Prof. Guido Ranzani e Dr. José Luiz Ioriatti Demattê, pelo auxílio na localização e demarcação dos perfis.

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, através do Prof. Heinz Hebert, pela cessão de aparelhos especiais.

Ao Engº Agrº Cássio Roberto de Mello Godoy, Instrutor da Cadeira nº 16, Matemática e Estatística e ao acadêmico Dilermando Perecin, bolsista da Cadeira nº 18, pelo auxílio na parte matemática.

Ao Sr. Roberto Forti, Auxiliar de Laboratório da Cadeira nº 18, pela constante boa vontade, durante os diversos trabalhos realizados.

ÍNDICE

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	3
3 - MATERIAL, MÉTODOS, PLANEJAMENTO	12
3.1. Material	12
3.2. Métodos	15
3.3. Planejamento	19
4 - MORFOLOGIA E TERMINOLOGIA	22
5 - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS	35
5.1. Série Cruz Alta, Horizonte Ap	35
5.2. Série Cruz Alta, Horizonte C _{III}	38
5.3. Série Paredão Vermelho, Horizonte Ap	41
5.4. Série Paredão Vermelho, Horizonte C	44
5.5. Série Saltinho, Horizonte Ap	47
5.6. Série Saltinho, Horizonte C	51
6 - VOLUME % DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES	55
6.1. Platina Integradora x Ocular de Integração	55
6.2. Cálculo do Tamanho da Amostra	56
6.3. Contrôle dos Resultados	58
6.4. Determinação do Volume %	59
7 - ESTUDO COMPARATIVO ENTRE HORIZONTES	60
7.1. Entre Horizontes Superiores (Ap x Ap x Ap)	60
7.2. Entre Horizontes Inferiores (C _{III} x C x C)	61
7.3. Entre Horizontes Superiores e Inferiores	63
8 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	66
9 - RESUMO	70
10 - SUMMARY	71
11 - BIBLIOGRAFIA	72

1. INTRODUÇÃO

A Micropedologia é a parte da Pedologia geral que trata do estudo microscópico do solo. Compreende o levantamento de caracteres mineralógicos, micromorfológicos, microbiológicos e microquímicos, fornecendo, a partir desse conjunto de dados, elementos para morfologia e classificação de solos e para a interpretação da sua gênese.

O êxito da aplicação da microscopia polarizante a seções delgadas de rochas, conduziu à aplicação desse método ao estudo de solos. Tais foram os resultados obtidos, que a partir da segunda década do século, um número cada vez maior de trabalhos vêm sendo desenvolvidos em diversos países. A crescente importância assumida pelo assunto deve-se ao fato de ser esta a técnica que permite o estudo de solos com estrutura inalterada. Não obstante toda a importância do método, ressaltada à luz da revisão da literatura, o autor não encontra qualquer referência à sua aplicação, nos trabalhos de Pedologia do país.

O objetivo do presente trabalho é a introdução da Micropedologia em nosso meio, através do estudo micromorfológico de seções delgadas de solos. Estudaram-se, com os recursos da microscopia polarizante, os horizontes extremos dos perfis modais de três séries de solos do município de Piracicaba.

A parte experimental trata do estudo do método de obtenção de seções delgadas, da descrição do maior número possível de caracteres morfológicos, da aplicação da ocular de integração na determinação

do volume percentual dos principais constituintes do solo e do estudo comparativo desse conjunto de dados obtidos. Alguns caracteres descritos no capítulo de morfologia e terminologia são ilustrados através de microfotografias obtidas de seções delgadas dos solos estudados.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

Segundo OSMOND (1935) e KUBIENA (1938), os primeiros estudos sôbre Micropedologia foram realizados em 1904, em Paris, por DELAGE e LAGATU, que observaram secções delgadas de solos aráveis, mas sem o cuidado de preservar sua estrutura original.

ROSS (1934), ao mesmo tempo que HARPER e VOLK, LEGGETTE e outros, segundo OSMOND (1935), descreve o método para obtenção de secções delgadas de materiais friáveis, sem alterar sua estrutura natural. Utiliza baquelita para impregnação. Essa resina possui o inconveniente de apresentar um índice de refração muito alto (1,634) em relação ao do balsamo do Canadá (1,543), o qual foi utilizado para montagem.

KUBIENA (1938) publica o primeiro livro sôbre o assunto. Desde então, a Micropedologia firmou-se definitivamente na literatura mundial, como a ciência que trata do estudo microscópico do solo. Nesse seu trabalho, KUBIENA explora amplamente o assunto e fornece pormenores de diversas técnicas de preparação de solos. Para impregnação, utiliza "kollolith", a qual possui o inconveniente de escurecer quando a temperatura se eleva pouco acima da recomendada. Afim de contornar esse efeito indesejável, e quando trabalha com solos argilosos, de poros muito pequenos, realiza a impregnação com o auxílio de câmaras de vácuo. O capítulo que trata da coleta do material é subdividido, apresentando coletas específicas para determinados fins. Para a obtenção de secções delgadas, recomenda a retirada de pequenos fragmentos de solo no campo, mantendo sua estrutura natural, e anotando sua posição dentro do perfil. Cuida da descrição e utilização do microscópio polarizante e de alguns dos seus acessórios. Talvez o maior mérito desse trabalho seja o de ter apresentado, pela primeira vez na literatura, uma sistemática dos diferentes tipos de "fabric" de solos, ao lado de descrições de

várias características observáveis em secções delgadas. Dedicou parte do livro a métodos microquímicos e observações sobre a microflora e fauna do solo, ligados à Micropedologia.

SIDERI (1938.a) utiliza misturas de argila-areia e argila-húmus e observa seu comportamento sob o microscópio polarizante, chegando à conclusão de que a argila é o componente do solo responsável pela formação de agregados.

SIDERI (1938.b) investiga a forma da estrutura típica de solos chernozem, com o auxílio do microscópio polarizante e afirma que ela é um sinal do acúmulo de húmus amorfo na periferia dos agregados.

SIDERI (1938.c) estuda a estrutura de diferentes solos, preparados na forma de blocos polidos, sob o microscópio com luz refletida. Sugere que as observações realizadas possam contribuir para a solução de questões práticas relacionadas com métodos agrotécnicos e o uso de fertilizantes. Entre outras conclusões, afirma que as observações podem ser utilizadas para a explicação de questões que envolvem gênese e morfologia do solo.

KRUMBEIN e PETTIJOHN (1938) e logo após, TWENHOFEL e TYLER (1941) publicam seus livros sobre petrografia sedimentar. Ambos apresentam capítulos especialmente dedicados ao estudo dos sedimentos, através de secções delgadas. Grande parte do material encontrado nesses trabalhos pode ser aplicado no estudo do solo.

JOHNSTON e PETERSON (1941) preparam secções delgadas por método semelhante ao utilizado por ROSS (1924) e por KUBIENA (1938). Estudam cinco grandes grupos de solos, através de lâminas obtidas de cada horizonte, observadas e descritas sob o microscópio petrográfico. Apresentam várias conclusões sobre a utilização das observações microscópicas na interpretação da gênese e da morfologia do solo. Procurando trazer à luz a importância da Micropedologia, afirmam que o método de correlacionar tipos de solos através das suas características macroscópicas, suplementadas por alguns dados físicos e químicos, não se tem mostrado inteiramente satisfatório nos Estados Unidos. Acreditam que a descrição microscópica de solos provou ser de grande ajuda para propósitos de correlação e classificação. As secções delgadas são de tal natureza, que podem ser enviadas de um local para outro com custo e cuidado mínimos, facilitando assim o estudo comparativo, correlação e classificação de solos.

BOURBEAU e BERGER (1947) descrevem a preparação de seções delgadas de solos e de materiais friáveis, utilizando a resina "castolite", com o auxílio de vácuo. Apresentam, ainda, um pequeno histórico de materiais impregnantes, incluindo várias críticas na utilização.

FREI e CLINE (1949) estudam os horizontes genéticos de seis perfis modais de diferentes solos podzolizados, através de fotomicrografias obtidas de seções delgadas, adrede preparadas. Descrevem a técnica da coleta do material, preparação das lâminas e obtenção das fotos. Dedicam especial atenção a observações que envolvem atividade biológica origem e natureza de cutans, concentrações e concreções de vários materiais do solo e sua orientação ótica relacionada com fenômenos de iluviação desse material.

KUBIENA (1952) num outro livro, apresenta diagnóstico e sistemática de solos importantes da Europa. No capítulo que trata da descrição desses solos, encontra-se, entre outros, o item micromorfologia, onde, através de seções delgadas de diversos horizontes, o autor utiliza características microscópicas, às vezes como fator decisivo, na classificação dos solos. Apresenta, ainda, uma chave para classificação de solos, baseada nas formas de húmus observadas sob microscópio. A esse respeito escreve o autor:

"O conhecimento das formas mais importantes de húmus é, junto à morfologia do perfil, um dos meios de ajuda indispensável para o diagnóstico do solo".

McMILLAN e MITCHELL (1953) estudam os horizontes A_2 de cinco tipos de solos desenvolvidos sob processos de podzolização ou solonização, através de seções delgadas preparadas com a resina sintética "castolite". Dentre diversas conclusões apresentadas salienta-se a que mostra, da observação de microfotografias, diferentes tipos de "fabric", que variam com os processos de desenvolvimento do perfil do solo.

KUBIENA (1954) apresenta um trabalho sobre o método da Paleopedologia. Distingue doze principais tipos de solos com base em diferentes possibilidades paleopedológicas, que são descritos, acompanhados de exemplos concretos. Salienta o valor da micromorfologia e da análise mineralógica na investigação desses solos.

LOW (1954) descreve várias técnicas para o estudo da estrutura do solo e apresenta resultados de observações realizadas. Para o estudo da microestrutura, utiliza secções delgadas obtidas de blocos impregnados com a resina "santolite".

OSMOND (1955) faz um apanhado geral de técnicas utilizadas para a preparação de lâminas de solo, bem como de observações e conclusões sugeridas por vários autores. Conclue afirmando:

"... a investigação de secções delgadas de horizontes de solos minerais e orgânicos tem um lugar definido na Pedologia e pode auxiliar na classificação de solos e na interpretação de sua gênese ...".

BREWER (1956) descreve dois perfis de solos, através da observação de secções delgadas, suplementada por análises de raios X, físicas e químicas. As secções delgadas foram obtidas de amostras dos horizontes e impregnadas com o plástico "plastrene 47", com auxílio de vácuo. Dentre as conclusões apresentadas, o autor afirma que o estudo de secções delgadas fornece importantes informações para a classificação, morfologia e gênese de solos.

HEPPLE e BURGESS (1956) apresentam a técnica de preparação de secções delgadas utilizando a resina baquelita para impregnação de amostras de solos. Lâminas assim obtidas, afirmam os autores, prestam-se para estudos de microbiologia e de estrutura do solo.

BREWER e HALDANE (1957) procuram interpretar o fenômeno de orientação dos minerais de argila do solo, verificado sob o microscópio polarizante. Consideram o tipo e o grau de orientação ótica do material argiloso e suas relações com o material mais grosseiro do solo sob várias condições de deposição e drenagem. Concluem que o grau de orientação desenvolvido está relacionado com a presença de sais solúveis, com o movimento e a deposição de partículas coloidais através dos canais e poros e com a proporção de frações areia e limo integradas com o material argiloso. Afirmam, ainda, que essas conclusões obtidas no laboratório, foram confirmadas pela observação de perfis naturais de solos no campo.

DALRYMPLE (1957) apresenta um histórico crítico sobre materiais impregnantes utilizados até a época, resultado de observações sobre o emprego de onze tipos de resinas. Apresenta, ainda, uma técnica para a preparação de seções delgadas, utilizando "dammara" ou "lakesite 70" na impregnação, e "permonte" na montagem. Obteve mais de duzentas lâminas de solos e sedimentos usando esses materiais, do que resultou um método simples e rápido de preparação de seções delgadas para estudo de micromorfologia.

OSMOND e STEPHEN (1957) estudam a micromorfologia e a mineralogia de dois tipos de solos originados sobre sedimento calcário e rocha basáltica. Prepararam seções delgadas obtidas de amostras dos horizontes A e B de cada solo. Para impregnação usaram a resina sintética "ceemar". Nesse trabalho, as observações microscópicas sucedem as descrições pedológicas convencionais. Ressaltamos uma conclusão:

"As investigações confirmam diferenças observadas no campo e auxiliam na diferenciação e classificação dos solos".

DALRYMPLE (1958) estuda a micromorfologia de solos fósseis e depósitos artificiais. Chega a conclusão de que as observações micromorfológicas podem ser utilizadas como uma técnica geocronológica. Podem auxiliar na dedução das condições fisiográficas, sob as quais os horizontes de solos fósseis foram formados, e na identificação e distinção entre solos fósseis e depósitos artificiais.

OSMOND (1958) reúne, sucintamente, trabalhos sobre Micropedologia publicados até a época. Organiza e apresenta-os numa sequência útil para a aplicação desse tipo de pesquisa. Inicia, revendo diferentes técnicas para a coleta de material e preparação de seções delgadas. Prossegue, apresentando observações e descrições de lâminas realizadas por diversos autores, bem como interpretações e conclusões por eles alcançadas. Termina, fornecendo uma relação dos principais processos estudados por muitos pesquisadores.

PARFENAVA e YARILLOVA (1958) preparam seções delgadas de amostras retiradas de diversas profundidades de perfis de diferentes solos. Apresentam a descrição de observações realizadas e consequentes conclusões. Estas relacionam-se com problemas genéticos, associados à ação de organismos na formação e na determinação da forma de novos minerais, que se originam durante os vários processos de formação de solo.

GROSSMAN et al. (1959) apresentam a descrição de seções delgadas obtidas da sequência de horizontes de um solo "bisequal". Estudam os processos de eluviação e iluviação de argila relacionados com sua orientação ótica e a micromorfologia dos horizontes com relação à sua gênese e resistência à ruptura. Na obtenção das lâminas utilizaram talato de glicol para impregnação e bálsamo do Canadá para montagem.

BREWER (1960) propõe o termo "cutans", para películas que se formam sobre superfícies de constituintes do solo. Apresenta as características e a classificação de tais películas, sua composição e seu significado no estudo do solo, principalmente com relação a processos de gênese. O trabalho é ilustrado com micrografias, as quais complementam o estudo das características microscópicas apresentadas.

BREWER e SLEEMAN (1960) fazem uma revisão dos conceitos de estrutura, "fabric" e textura do solo, conforme estabelecidos por diversos autores, e os apresentam sob novo aspecto, no qual "fabric" é uma parte da estrutura, e estrutura uma parte da textura. Procuram introduzir vários termos descritivos para estrutura do solo. Apresentam um sistema descritivo das observações que devem ser realizadas durante o estudo da estrutura do solo, através de seções delgadas.

STEPHEN (1960) faz uma revisão das investigações sobre orientação ótica de argilas, observada através de seções delgadas sob o microscópio polarizante. São palavras do autor:

"Dêsse breve resumo, é evidente que vários padrões de morfologia de argila existem em solos inalterados e detalhada investigação da micromorfologia fornece valiosa informação sobre as condições de deposição do material de origem e sobre a gênese do solo, e auxilia na sua classificação".

BUOL e FADNESS (1961) descrevem o método, que utilizaram com êxito, para obtenção de seções delgadas de solos e de outros materiais friáveis. Descrevem e esquematizam o aparelho de vácuo usado para auxiliar a impregnação, que foi realizada com os plásticos "castolite" e "laminao".

MACKENZIE e DAWSON (1961) preparam seções delgadas de diversos solos orgânicos, utilizando, para impregnação, as resinas "carbowax 6000" e "bioplastic". A seguir, descrevem as lâminas estudadas, particularmente no que diz respeito aos compostos orgânicos, ilustradas através de fotomicrografias. Apresentam conclusões sobre a formação de agregados, relacionada com os tipos de húmus dos diferentes solos.

ALTEMULLER (1962) apresenta a técnica de preparação de seções delgadas para diversos solos, com a resina "vestopal H". A aplicação dessa técnica requer trabalho prolongado e exige vários colaboradores.

BORCHERT (1962) descreve o método de preparação de seções delgadas com a resina "plexigum M 7466". Para montagem utiliza "plexigum 7524".

GEIGER (1962) apresenta os princípios da análise micro-morfométrica da estrutura de solos estudados através de grandes seções delgadas (6 x 8 cm), fabricadas pela máquina automática BLOEM HF 6. As observações foram realizadas por intermédio do projetor LEITZ TP 200.

KRAUSE (1962) estuda propriedades micromorfológicas de solos "serpentine", da Grécia, visando aspectos relacionados com sua ecologia. As observações foram realizadas através de seções delgadas sob o microscópio polarizante.

KUBIENA (1962) relaciona os mais importantes campos de aplicação da pesquisa de micromorfologia de solos e apresenta novas possibilidades de aplicação. Julga que, desde que a micromorfologia trata do estudo de solos de "fabric" inalterado, seu princípio de pesquisa só pode ser de análises restritas.

ROMASHKEVICH (1962) estuda a microestrutura de vários solos e de seus produtos de erosão, através de blocos polidos. Descreve as observações realizadas sob o microscópio e apresenta algumas conclusões, dentre as quais destacamos a que afirma existir uma relação direta entre a microestrutura, a estabilidade da água e a erosão do solo.

WELLS (1962) descreve a técnica de preparação de seções delgadas de solos argilosos com o auxílio de vácuo. Utilize as resinas "maroo resin SB 28 C" e "araldite MY 750". Observamos que as resinas utilizadas possuem índice de refração maior do que o do bálsamo do Canadá.

ZIMMERMANN (1962) sugere a aplicação de escalas padrões no estudo microfotográfico do solo. Descreve uma montagem fotográfica simples para sua aplicação. Apresenta observações obtidas de microfotografias de seções delgadas de solos.

BREWER e SLEEMAN (1963) introduzem o termo "pedotubules", para designar formações naturais do solo, de forma aproximadamente tubular. Sua morfologia sugere que se originaram de vazios ocasionados por atividades da fauna e flora, que foram preenchidos ou parcialmente preenchidos, com material do solo.

KORINA e FAUSTOVA (1963) estudam a microestrutura de depósitos glaciais, em secções delgadas obtidas de amostras de morenas, das regiões de Valday e Moscou. Concluem que os tipos de microestrutura observados podem caracterizar as morenas de cada região. Procuram interpretar os fenômenos de orientação ótica das argilas, relacionando-os com processos de iluviação e sedimentação do material. Os autores afirmam:

"Depósitos glaciais servem como material de formação de solos... Certos elementos da sua microestrutura podem encontrar-se preservados nos solos. Por essa razão, o estudo das características microestruturais de depósitos glaciais é de interesse para cientistas do solo, que trabalham com microestrutura do solo".

McCRACKEN e WEED (1963) apresentam, entre outras, observações sobre a micromorfologia de três tipos de solos, nas quais se manifesta a importância desse método de pesquisa como auxiliar para classificação.

MOROZOVA (1963) estuda a micromorfologia de solos sepultados, em secções delgadas sob o microscópio polarizante. Conclui que esse método de investigação torna possível julgar a natureza dos processos de formação de solos antigos. Afirma, ainda, que tanto nos solos atuais como nos antigos, os perfis genéticos podem ser claramente diferenciados quanto à microestrutura de seus horizontes.

BREWER (1964) publica um livro que apresenta duas partes principais: uma, dedicada à análise mineralógica, e outra, à análise da estrutura e "fabric" do solo. Com poucas exceções, todo o trabalho é dedicado a observações do solo em secções delgadas sob o microscópio polarizante. Introduce um grande número de termos novos e faz uma reavaliação e redefinição de muitos outros, usados até a época. Apresenta uma sistemática pormenorizada das observações que devem ser realizadas, e o seu significado, principalmente no que diz respeito à gênese, morfologia e classificação dos solos. Apresenta, ainda, técnicas de coleta de

material e preparação de secções delgadas, tanto para o estudo da micro-estrutura, como da análise mineralógica.

LAFEBER e KURBANOVIC (1965) propõem a utilização de técnica microfotográfica para obtenção de padrões estruturais de solos (modelos gráficos), que contenham apenas as características necessárias para posteriores comparações. Apresentam descrição da técnica e considerações sôbre a utilização dos modelos obtidos.

LUND e BEALS (1965) utilizam uma técnica especial e trabalhosa para obtenção de secções delgadas de solo ao lado de raízes. Visam estudar o efeito da expansão das raízes como agente modificador da forma dos poros.

SMART (1966) utiliza um fotômetro, associado ao microscópio polarizante, para observar fenômeno de anisotropia ótica de minerais de argila. Amostras desses minerais são preparadas na forma de secções delgadas. Para ilustrar o método, apresenta resultados obtidos de observações de amostras puras de caulim.

3 - MATERIAL, MÉTODOS, PLANEJAMENTO

3.1 - MATERIAL

3.1.1 - Solos

Foram utilizadas três séries de solos do município de Piracicaba, classificadas por RANZANI, FREIRE e KINJO (1966): Cruz Alta, Paredão Vermelho e Saltinho, originadas sobre os sedimentos do arenito Botucatu.

Seguem-se as descrições dos horizontes escolhidos para estudo, segundo aqueles autores.

3.1.1.1 - Série Cruz Alta

Ap 0-15 cm; pardo acinzentado escuro (10YR 4/2; 3/2 úmido); salpicado de matéria orgânica; areia fina; grãos simples; solto, não plástico, não pegajoso; raízes finas, poucas; pH 4,7; limite suave, claro.

C_{III} 110-125 + cm; matriz branca (2,5Y 8/2) com manchas vermelhas (10R 5/6) abundante, grande, proeminente, brusco e manchas pardo amarelado claro (2,5Y 6/4) comum, pequeno, distinto, claro; barro arenoso; maciço; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; pH 4,7.

3.1.1.2 - Série Paredão Vermelho

Ap 0-20 cm; pardo avermelhado (2,5YR 4/4 úmido), salpicado de areia lavada; marchetamento de carvão, abundante; areia fina; maciço, fraca tendência à formação de blocos, irregulares, finos; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; raízes finas, abundantes; macroporos, abundantes; pH 4,8; limite suave, gradual.

C 184 + cm; vermelho (3,5YR 4/8; 4/6 úmido); barro arenoso fino; maço; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; pH 4,2.

3.1.1.3 - Série Saltinho

Ap 0-20 cm; matriz cinza avermelhado (5YR 5/2; 4/1-2 úmido), marchetado com areia lavada, matéria orgânica e carvão, comum, fino; areia barrenta grossa; estrutura macroprísmática que se estende até 90 cm de profundidade (fendilhamentos); maço; ligeiramente duro, muito friável, não plástico, não pegajoso; raízes finas, comum; macroporos abundante; pH 4,9; limite suave, difuso.

C 155 + cm; amarelo avermelhado (5YR 6/6; 5/8 úmido); barro arenoso grosso; maço; macio, muito friável, não plástico, ligeiramente pegajoso; macroporos, 1 mm, comum; raízes finas, muito raro; pH 4,7.

3.1.2 - Resinas

Das várias resinas utilizadas e propostas na literatura, optou-se pela goma "dammara" para impregnação, segundo DALRYMPLE (1957), e pelo bálsamo do Canadá para montagem. Os motivos dessa opção se prendem às vantagens oferecidas pelas propriedades da primeira, descrita a seguir, e pela facilidade na aquisição de ambas.

Goma "dammara", "dammar gum" ou simplesmente "dammara", são as denominações pelas quais é conhecida uma resina comum, proveniente de exudação de espécies de Shorea, Dipterocarpaceae.

Funde ao nível de 120 °C, possui índice de refração semelhante ao do bálsamo do Canadá (1,543); é solúvel no álcool absoluto, xilol, tolueno, éter, acetona e insolúvel na água. Pode ser aquecida repetidamente sem alterar sua cor, seu índice de refração e sua resistência. Não deteriora com o passar do tempo. Entretanto, não deve ser utilizada na montagem das lâminas, porque adere rapidamente ao vidro.

Tal resina, com ponto de fusão elevado, oferece como vantagem não amolecer durante o processo de desgaste, quando o bloco de solo impregnado é atritado sobre diversos abrasivos.

O índice de refração deve ser o mais próximo possível ao do bálsamo do Canadá, pois em relação a êle são referidos testes óticos padrões de microscopia, indispensáveis no levantamento de propriedades óticas de minerais, segundo ROGERS e KERR (1933).

Não ser solúvel na água é uma vantagem, pois as lâminas não precisam ser conservadas ao abrigo da umidade. Por outro lado, é solúvel em várias substâncias comuns de laboratório.

O fato de não alterar suas propriedades com repetidos aquecimentos é vantajoso durante o processo de obtenção das lâminas de solos, quando a resina pode necessitar de vários reaquecimentos, principalmente durante a fase de impregnação.

Deixa-se de apresentar as propriedades do bálsamo do Canadá, por ser de uso corrente e tradicional em laboratórios de microscopia.

Como solvente das resinas empregou-se xilol.

3.1.3 - Microscópio e acessórios

3.1.3.1 - Microscópio

Para o estudo das secções delgadas foram utilizados os microscópios polarizantes marca E. LEITZ WETZLAR, modelos STANDARD e DIALUX-POLL.

3.1.3.2 - Aparelhamento fotográfico

Para a obtenção das microfotografias foi utilizada a câmara marca CARL ZEISS, devidamente adaptada ao microscópio polarizante marca CARL ZEISS, modelo STANDARD.

3.1.3.3 - Platina integradora

Num teste preliminar de avaliação da percentagem em volume dos principais constituintes do solo, foi utilizada a platina integradora de Shand, marca E. LEITZ WETZLAR 1186, adaptada ao microscópio polarizante.

3.1.3.4 - Ocular de integração

Para a avaliação efetiva da percentagem em volume dos principais constituintes, foi utilizada a ocular de integração I, marca CARL ZEISS, Kpl 8X, adaptada ao microscópio polarizante.

3.2 - MÉTODOS

3.2.1 - Monólitos

As amostras dos perfis modais das séries de solos escolhidos, foram coletadas na forma de monólitos, segundo BREWER (1964).

Esse tipo de coleta permite transportar para o laboratório todo o conjunto de horizontes, onde os mesmos podem ser examinados macroscópica e microscopicamente, e material de estudo ser selecionado, pois não há perigo de amostras se misturarem ou se perderem. Evita, ainda, retorno ao campo para nova coleta de material, necessidade que se impõe quando a amostra for inadequada ou insuficiente.

Para a coleta e transporte dos monólitos, foram utilizadas caixas de madeira, de dimensões internas 120,0 x 16,5 x 5,0 cm, o que significa uma modificação no método de BREWER (1964), que utiliza caixas menores.

Ainda no campo, logo após a coleta, foram demarcados os limites dos diversos horizontes de cada perfil. Tal cuidado se faz necessário porque com o passar do tempo podem ocorrer alterações que dificultariam a distinção dos mesmos. Os limites foram marcados na própria caixa de coleta, ao lado de indicações, como, por exemplo, as cotas dos horizontes, a altitude do local e a posição do perfil.

Os perfis modais foram localizados de acordo com a indicação de RANZANI, FREIRE e KINJO (1966), e marcados sobre mapa do município.

3.2.2 - Blocos

Foram retirados, de cada horizonte eleito para estudo, pequenos blocos de solo, tomando-se o devido cuidado para não alterar sua estrutura original.

Primeiramente, selecionou-se, através de características macroscópicas, um local julgado representativo de todo o horizonte. Em seguida, o local foi preparado de maneira a se tornar propício para a retirada dos blocos. Com o auxílio de uma serra de relojoeiro e de pequenas espátulas, obtiveram-se, preliminarmente, blocos com cerca de 30 a 40 mm de lado por 10 mm de altura, dimensão essa, mais próxima possível, daquela que se presta para impregnação. A seguir, foram atritados

suavemente sobre lixa fina, até adquirirem a forma de cilindros de aproximadamente 28 mm de diâmetro por 5 a 6 mm de altura. O diâmetro dos blocos foi tomado em função da área final da secção de solo que se pretendia obter, e a altura em função do poder de impregnação da resina e da técnica utilizadas. Conseguimos impregnar, satisfatoriamente, blocos com altura de 5 a 6 mm, sem auxílio de vácuo.

De cada horizonte foram retirados cinco blocos contíguos, igualmente representativos. Esse número de amostras é necessário em face da eventual necessidade de repetições ou emprêgo de outras técnicas.

A seguir, os blocos foram protocolados de maneira a serem caracterizados pelo nome da série, do horizonte, profundidade, posição e orientação.

No presente trabalho, os blocos foram retirados paralelos uns aos outros e à superfície do solo.

3.2.3 - Impregnação

O processo de impregnação dos blocos foi realizado segundo técnica recomendada por DAIRYMPLE (1957), com algumas modificações introduzidas pelo autor.

A técnica resume-se em imergir os blocos em xilol e depois transferi-los para a resina fundente. Isso permite que o ar seja substituído pelo xilol e, em seguida, o xilol pela goma "dammara" aquecida, nas cavidades do bloco de solo.

Uma dificuldade surgiu logo no início: como transferir os blocos embebidos em xilol para a resina aquecida. DAIRYMPLE (1957) sugere que se coloquem os blocos em pequenos tubos de vidro, junte-se o xilol e depois derrame-se por cima a "dammara" derretida. Verificou-se, entretanto, que tal procedimento acarreta rápida evaporação do xilol, com grande turbulência, que deve ser evitada a fim de não se alterar a estrutura original do solo. Além disso, tubos de vidro comum são pouco resistentes ao aquecimento e vidros especiais são dispendiosos para serem utilizados em série. A fim de contornar essas dificuldades, sugerimos algumas modificações na técnica original, que são apresentadas a seguir:

- A - Como substituto dos tubos de vidro, foram utilizados recipientes de alumínio, o qual é moldável, resistente ao calor, de baixo custo e de fácil aquisição. A experiência mostrou que êstes devem ter seu diâmetro cêrca de 1 mm maior que o do bloco e sua altura quatro vêzes a do bloco. Para retirá-lo, após a impregnação, simplesmente rasga-se o metal.
- B - Inicia-se o processo de impregnação, colocando-se no fundo dos recipientes de alumínio, a resina em excesso de solvente e posteriormente coloca-se o bloco. O excesso de xilol, por capilaridade, substitui o ar das cavidades do solo. Após alguns minutos nota-se que o líquido espelha na superfície da amostra. Leva-se então o conjunto sôbre uma chapa aquecedora. O solvente é evaporado, originando-se fôrças de sucção acarretadas pelo desprendimento dos gases e a goma derretida penetra nas cavidades. Mantendo-se uma temperatura conveniente, por volta de 80 °C, a substituição de solvente por goma é realizada sem ocasionar turbulência.
- C - Testando diferentes quantidades de resina e solvente, chegamos à conclusão que para uma impregnação satisfatória, utilizando-se os recipientes com o diâmetro já recomendado e os blocos anteriormente obtidos, devem ser empregados 3 g de goma "dammara" e 1,5 ml de xilol.

O conjunto: recipiente, goma, xilol e bloco, não deve ser colocado diretamente sôbre a chapa aquecedora durante a impregnação, pois com isso, o líquido tende a entrar em ebulição rapidamente, o que deve ser evitado a fim de não se alterar a estrutura original do solo. Ademais, com o contacto direto, o aquecimento do conjunto é mais heterogêneo, o que é indesejável. Para evitar essa falha, coloca-se, sôbre a chapa já aquecida, uma tela metálica e sôbre esta o conjunto.

Durante o aquecimento os números de protocolo foram anotados sôbre a parede do recipiente e após, diretamente sôbre a superfície dos blocos impregnados.

3.2.4 - Lixação e montagem

Após a impregnação, uma das faces de cada bloco é lixada, até se obter uma superfície plana e lisa. Para isso, foi empregado o

abrasivo carborundum, a diversos graus de granulação. O polimento final, muito delicado, é realizado sobre uma placa de vidro.

Como consequência do atrito, durante a lixação, pode resultar uma quantidade de calor suficiente para amolecer a resina, com consequente alteração da estrutura original do solo. Esse efeito indesejável pode ser contornado utilizando-se um líquido lubrificante. Deve-se evitar o uso da água, porque ela solubiliza e arrasta certos sais do solo, e as frações mais finas, como as argilas, podem ser dispersas em suspensão. Utilizamos, como lubrificante, o óleo nujol, segundo recomendação de KUBIENA (1938). Esse óleo apresenta a vantagem de ser completamente inerte, e não altera as condições naturais do solo impregnado. Em testes preliminares, observamos que o querosene, lubrificante recomendado por DALRYMPLE (1957), possui certo poder de dispersão, não sendo, portanto, utilizado.

Uma vez obtida, a superfície polida é colada sobre uma lâmina de vidro, própria para microscopia, utilizando-se bálsamo do Canadá. A outra face do bloco deve conter, ainda, o número de protocolo, o qual é agora transferido para a lâmina de vidro.

A seguir, reinicia-se o desgaste, da maneira já indicada, sobre a face livre do bloco, até se atingir a espessura de 30 μ , própria para observações sob o microscópio polarizante.

Durante a fase final da lixação, já sobre a placa de vidro, é necessário um controle a fim de se manter a espessura constante e não ultrapassar a desejada. Esse controle é realizado sob o microscópio, em função da cor de interferência de grânulos de quartzo, segundo tabela apresentada por ROGERS e KERR (1933).

Finalmente, sobre a seção delgada obtida, cola-se a lâmina com bálsamo do Canadá, tomando-se os cuidados convencionais, acrescentando daquele de não alterar a estrutura natural do solo. Para retirar o excesso de resina e para limpeza das lâminas, utiliza-se xilol.

Um teste para determinar se houve alteração na estrutura do solo, durante o processo de obtenção das lâminas, é apresentado por KUBIENA (1938). Consiste em preparar mais de uma lâmina da mesma amostra, nas mesmas condições, e compará-las sob o microscópio. O autor realizou esse teste para várias lâminas, obtendo resultado satisfatório. Além disso, algumas lâminas foram comparadas com blocos polidos, obtidos da mesma amostra de solo.

3.2.5 - Exame das lâminas

As lâminas, contendo as seções delgadas obtidas, foram guardadas em laminário especialmente construído. Blocos e blocos impregnados, retirados de mesmas amostras, foram conservados ao lado das respectivas lâminas para possibilidade de futura utilização. Desde que são todos praticamente permanentes, o exame das lâminas não é necessariamente obrigatório logo após sua obtenção, e novas repetições podem ser obtidas a qualquer tempo.

O exame foi realizado exclusivamente por via microscópica. Aspectos da seção delgada foram observados e interpretados, atribuindo-se notas aos caracteres não medidos. Foram descritos: vazios, plasma, grânulos, agregados, glébulas e húmus, relacionados a vários tipos de microestruturas. Para o levantamento desses caracteres, as lâminas foram divididas em vinte e cinco regiões quadradas, medindo cada uma cerca de 4 mm de lado. As observações foram realizadas para cada uma das regiões e, posteriormente, apresentadas em conjunto. Quanto ao arredondamento e esfericidade, foram observados cem grânulos em cada lâmina e comparados com a tabela padrão apresentada por BREWER (1964). Com respeito à coloração, foi utilizada a carta de cores de MUNSELL (1954).

Além disso, procuramos introduzir a utilização da ocular de integração para determinar a percentagem, em volume, dos principais constituintes do solo. Para isso levantamos, ao acaso, mil pontos em cada lâmina - quarenta campos de vinte e cinco pontos.

O exame das lâminas pode ser executado, especificamente, de acordo com o tipo de pesquisa planejado. Não foi esse o espírito desse trabalho. O autor apresenta, porém, várias conclusões obtidas dos caracteres observados, que são apresentados no capítulo correspondente.

3.3 - PLANEJAMENTO

O estudo de Micropedologia consiste na observação, descrição e interpretação de características microscópicas de solos inalterados.

As características podem ser estudadas através de diferentes técnicas. Entretanto, na grande maioria dos estudos realizados foi utilizado o microscópio polarizante, que permite, além de observações microscópicas normais, a realização de análise mineralógica e verificação

de fenômenos decorrentes da anisotropia ótica apresentada por constituintes do solo. Neste trabalho, optamos por tal técnica.

3.3.1 - Escolha dos solos.

Vários motivos nos levaram a escolher as séries de solos, anteriormente mencionadas. Primeiramente, a norma observada em trabalhos correlatos, como em JOHNSTON e PETERSON (1941), KUBIENA (1952), LOW (1954), OSMOND e STEPHEN (1957), GORSSMANN et al. (1959), segundo a qual, o estudo microscópico é realizado posteriormente às descrições macroscópicas e subsequentes estudos tradicionais do solo, visto que, o estudo microscópico pode ser encarado como um complemento da Pedologia. Além disso, solos arenosos são os que mais se prestam para um trabalho inicial; as técnicas de coleta das amostras e de preparação das lâminas são mais simples, como também, apresentam características microestruturais menos complexas. Finalmente, trata-se de solos constituídos sobre grande formação geológica e convenientemente próximos do centro de estudos,

3.3.2 - Escolha dos horizontes.

Foram localizados no campo os perfis modais de cada série e demarcados seus respectivos horizontes. Elegeram-se para estudo os horizontes extremos de cada perfil, critério que julgamos nos permitiria encontrar maiores contrastes durante o levantamento das características microscópicas. A escolha de horizontes ou de locais a serem estudados é, sempre, função direta de problemas anteriormente propostos,

3.3.3 - Número e posição das lâminas

As lâminas foram obtidas de amostras retiradas de locais julgados representativos dos horizontes. As amostras foram retiradas de tal maneira, que resultassem lâminas paralelas umas às outras e à superfície do solo. Outras posições podem ser adotadas, conforme a finalidade do estudo a ser desenvolvido, ou se o pesquisador estiver interessado em alguma característica particular do solo.

De cada horizonte foi obtida uma única lâmina para estudo efetivo das características microscópicas. Repetições, eventualmente obtidas, foram utilizadas para testar o método de preparação de lâminas, e prestar-se-ão para futuras observações.

Esse critério de obtenção de lâminas é tradicional em Micropedologia, conforme atestam muitos trabalhos citados no capítulo 2 desta tese. É apoiado, ainda, naquele utilizado para estudo equivalente de rochas e sedimentos.

3.3.4 - Estudo das lâminas

Em trabalhos de Micropedologia não se faz, normalmente, análise estatística dos resultados, o que decorre da natureza descritiva do método. A análise estatística poderá ser feita sempre que um caracter qualquer for quantificado, estudando-se sua variação. Poderiam ser estudados, por exemplo, a variação da área dos vazios, entre horizontes e perfis, do tamanho dos agregados, etc. Nesta tese, não cuidamos de estudo nesse sentido. Usamos, apenas, o método comparativo de uma lâmina com outras, procurando sempre os contrastes mais seguros e evidentes, com o objetivo de obter o maior número possível de informações relativas à aplicação da microscopia no estudo do solo.

Foram utilizados diferentes horizontes de diferentes solos. Estudou-se a variação de caracteres microestruturais, entre horizontes do mesmo perfil de solo e entre horizontes correspondentes de diferentes perfis.

3.3.5 - Cálculo do volume % de grânulos, plasma e vazios

Utilizando a ocular de integração, adaptada ao microscópio, calculamos a percentagem, em volume, dos principais constituintes do solo: grânulos, plasma e vazios. Os dados obtidos vêm acompanhados de testes referentes à distribuição de Gaus e de cálculo do tamanho das amostras, com finalidade de demonstrar a utilização da ocular de integração na avaliação de componentes do solo.

Sobre a aplicação da ocular e de outros aparelhos correspondentes, citamos a conclusão apresentada por CHAYES (1956):

"Assim, a proporção da área ocupada pelo mineral A para a área ocupada por todos minerais (área total medida) é uma estimativa consistente da percentagem, em volume, de mineral A na rocha".

Apresenta, ainda, capítulos dedicados ao estudo da reprodutividade de secções delgadas.

4 - MORFOLOGIA E TERMINOLOGIA

O estudo de Micropedologia baseia-se essencialmente na observação e descrição de caracteres obtidos através de secções delgadas de solos. A variabilidade destes e o grande número de pormenores a serem observados conduzem à necessidade de uma sistematização dos termos empregados. Além disso, constatamos através da literatura consultada, que vários caracteres iguais são apresentados sob denominações diferentes, por diferentes autores. Assim, pretendemos, aqui, definir os termos utilizados nas descrições das lâminas, procurando trazer maior rigor e homogeneidade ao trabalho.

Conservaram-se, sempre que possível, as expressões já consagradas na literatura; entretanto, alguns termos e caracteres observados e utilizados pelo autor, na descrição e comparação das lâminas, não se encontram em literatura.

Nas definições apresentadas a seguir, os termos mais correntes são seguidos de seus correspondentes em inglês. Observa-se, ainda, que são descritos exclusivamente caracteres utilizados neste trabalho e, muitas das definições apresentadas, somente são válidas dentro do campo da Micropedologia. Os números entre parênteses referem-se a microfotografias, apresentadas nas páginas 30 a 32, obtidas de caracteres das lâminas estudadas.

ACÚMULOS DE PLASMA (Plasma concentrations, domains) (1) - são concentrações de quaisquer frações do plasma devido a processos de formação de solos, sem, entretanto, constituir agregados de plasma.

AGREGADOS (Aggregates, peds) (2, 3, 4) - são conjuntos naturais de constituintes do solo, individualizados pela ocorrência de superfícies de enfraquecimento, as quais são reconhecíveis como vazios naturais ou pela ocorrência de cutans. Forma (Form): esférica - quando a borda for constituída por uma curva simples e contínua; poliesferal - quando a borda for constituída por segmentos de diferentes curvaturas. Conformação (Conformation): fraca e moderada - conforme possuam menos de um terço e de um a dois terços de ângulos reentrantes entre os segmentos constituintes da borda, respectivamente. Contorno: mal, apenas e bem delimitado - conforme a nitidez ou continuidade relativa da borda.

AGREGADOS DE PLASMA (Clay aggregates, fine aggregates, plasma aggregates) - são concentrações de constituintes do plasma, que resultam em agregados de tamanho silte, individualizados por se comportarem, òticamente, como uma entidade cristalográfica simples. BREWER e HALDANE (1957) utilizaram a escala de Atterberg para definir o tamanho silte. Neste trabalho, entretanto, utilizamos a escala A. S. T. M. Observa-se, a propósito, que o tamanho dos agregados de plasma estudados preenchem tãda a amplitude prevista para silte, da escala A. S. T. M.

AGREGADOS PLASMA-SILTE (5) - compreendem agregados constituídos, exclusivamente, por grânulos da fração silte e plasma.

CANAIS (Channels) (6, 7, 8, 9) - compreendem vazios significativamente maiores que os resultantes do empilhamento normal de grânulos e são, geralmente, tubulares. Apresentam, usualmente, configuração regular e paredes lisas. Modêlo de ramificação: simples - quando os canais ocorrem como entidades discretas, sem ramificações.

CAVIDADES (Vughs) (10) - compreendem vazios relativamente grandes não resultantes do empilhamento de indivíduos. São geralmente irregulares e não interligados a outros vazios do mesmo tipo.

CUTANS (Cutans, clay coatings, clay films) (9, 11, 12) - são camadas de plasma acumulado sôbre as superfícies de constituintes do solo. Grau de separação (Degree of separation) - é o grau de contraste entre o material cutânico e não cutânico: levemente separado - há uma diferença mínima observável; fracamente separado -

diferença definida; moderadamente separado - diferença significativa; fortemente separado - quando as características do material outânico são inteiramente diferentes das características dos componentes concentrados do plasma. Complexidade (Complexity): simples - constituído por apenas uma substância mineralógica ou química, ou por uma íntima mistura uniforme. Não se notam camadas superpostas; complexo - constituído por camadas alternadas de substâncias mineralógica ou quimicamente diferentes, ou de diferentes microestruturas. Grau de continuidade: o outans será contínuo se envolver toda a superfície em questão, caso contrário será descrito a vários graus de descontinuidade. Espessura - considera-se a espessura relativa dos outans observados: os de espessura menor são denominados finos, os demais, médios e espessos.

CUTANS AGREGADO (Ped outans) - são outans associados com as superfícies de agregados.

CUTANS CANAL (Channel outans) (9) - associados com as paredes de canais.

CUTANS GRÂNULO (Grain outans) (11, 12) - são outans associados com as superfícies de grânulos. Será denominado livre, se ocorrer na superfície de grânulos que formam as paredes dos vazios; ou será embebido, se na superfície de grânulos mergulhados num plasma denso.

CUTANS VAZIO NORMAL (Normal void outans) - associados com as paredes de vazios simples, complexos e cavidades.

ESQUELETO (Skeleton) - compreende grânulos, corpos de estrutura resistente e corpos orgânicos, maiores que coloides.

GLÉBULAS (Glaebules) (13, 14) - compreendem unidades com microestrutura diferente daquela apresentada normalmente pelo solo. Forma (Shape): elipsoidal - em forma de elipsóide; esférica - em forma de esfera; irregular - de forma irregular.

GRÂNULOS (11, 15, 16) - são fragmentos de minerais ou de rochas, de tamanho areia ou silte. Estão excluídos os cristais, os fragmentos orgânicos, os agregados e as glébulas. Entretanto, agregados e glébulas podem possuir grânulos na sua composição. Extinção particular, compreende grânulos que apresentam extinção: ondulante e/ou denunciando a presença de grupamentos cristalinos.

- HÚMUS (Humus) (17) - compreendem a totalidade das substâncias orgânicas de um solo, dificilmente decomponíveis e que, conseqüentemente, sofreram um processo de acumulação característico.
- HÚMUS BRUTO (Humus bruto) (17) - compreendem restos vegetais de diferentes tamanhos, pouco decompostos, com estrutura celular reconhecível, acompanhados ou não de excremento da fâunula.
- HÚMUS MULL (Mull) - compreendem matérias húmicas verdadeiras, geralmente de coloração pardo-acinzentada, finamente dividida, retidas como um pigmento, pelo plasma. Formam-se complexos húmico-argilosos e, menos frequentemente, húmico-férricos e húmico-silicosos.
- MACROAGREGADOS (3, 4) - compreendem agregados grandes, constituídos por microagregados ou pelas frações mais grosseiras de areia.
- MICROAGREGADOS (2) - compreendem agregados pequenos, simples, constituídos, predominantemente, pelas frações mais finas de areia.
- MICROESTRUTURA (Microstructure, fabric) - é a estrutura microscópica do solo. Consideram-se dois tipos de microestrutura: elementar e de ordem maior.
- MICROESTRUTURA AREIA ALVÁDIA (Bleached sand fabric) - é o tipo de microestrutura elementar caracterizada, principalmente, pela presença de grânulos sem cutans ou, esporadicamente, com cutans descontínuo a contínuo. Geralmente não ocorrem agregados. Em alguns casos, observa-se a presença de húmus bruto entre os grânulos. Ocorre, frequentemente, em solos podsolizados, húmicos e ferruginosos.
- MICROESTRUTURA ARGILASÉPICA (Argillasepic fabric) - é o tipo de microestrutura do plasma caracterizada pela predominância de minerais de argila anisótropos, com modelo de extinção flocada e com agregados de plasma reconhecíveis.
- MICROESTRUTURA CLAMIDOMÓRFICA (Chlamydomorphic fabric) - é o tipo de microestrutura elementar caracterizada, principalmente, pela presença de grânulos com cutans, agregados frágeis, macroporos geralmente vazios e alta predominância do esqueleto sobre o plasma. Ocorre, mais frequentemente, em camadas iluviais de arenitos e em solos podsolizados ferruginosos.

MICROESTRUTURA COMPACTA (Compact fabric) - é o tipo de microestrutura de ordem maior caracterizada, principalmente, pela presença de plasma e certos tipos de vazios, de cristais bem desenvolvidos e de camadas, lâminas ou faixas. Apresenta dois subtipos: psamítica e pelítica.

MICROESTRUTURA DE ORDEM MAIOR (Fabric of higher order) - é o arranjo dos constituintes de ordem maior do solo e as relações entre eles. Os constituintes de ordem maior são representados, principalmente, pelos agregados. Consideramos dois tipos: esponjosa, e compacta.

MICROESTRUTURA DO PLASMA (Plasmic fabric) - é o arranjo dos constituintes do plasma, cuja descrição é baseada na interpretação de propriedades óticas, sob nicóis cruzados. Consideramos dois tipos: argilasépica, e esquelsépica.

MICROESTRUTURA DOS AGREGADOS (Fabric of aggregates): Agregados chernozem (Chernozem aggregates) - compreendem agregados com superfície densa, dura, estável, e geralmente protegida por cutans, os quais, em solos muito arenosos, são menos aparentes; agregados podsólico (Podsollic aggregates): compreendem agregados com superfície tosca e incompleta, ou arredondados.

MICROESTRUTURA ELEMENTAR (Elementary fabric) - é o arranjo dos constituintes de ordem menor do solo e as relações entre eles. Os constituintes de ordem menor são o esqueleto e o plasma. Consideramos dois tipos: clamidomórfica e areia alvadia.

MICROESTRUTURA ESPONJOSA (Spongy fabric) - é o tipo de microestrutura de ordem maior caracterizada, principalmente, pela ausência de agregados verdadeiros, em lugar dos quais ocorrem simples complexos granulares, não arredondados, ligados uns aos outros através de braços constituídos de plasma.

MICROESTRUTURA ESQUELSÉPICA (Skelsepic fabric) - é o tipo de microestrutura do plasma caracterizado por apresentar parte do plasma com modelo de extinção flocada, e separações de plasma com modelo de extinção estriada, predominantemente paralela às superfícies dos grânulos do esqueleto. Apresenta, também, agregados de plasma a vários modelos de orientação.

MICROESTRUTURA INTERNA (Internal fabric) (13, 14) - diz respeito à micro estrutura das glêbulas. Consideramos dois tipos: microestrutura não diferenciada (Undifferentiated fabric) - não se observam modelos de distribuição ou de orientação dos constituintes com relação à forma das glêbulas; microestrutura contínua (Continuous fabric) - o material é anisótropo e se extingue como um todo, o que é característico de orientação contínua.

MICROESTRUTURA PELÍTICA (Pelitic fabric) - é um subtipo da microestrutu ra compacta, caracterizada pela predominância de constituintes das frações silte e argila. Resultam solos com aparência pelíti ca.

MICROESTRUTURA PSAMÍTICA (Psamitic fabric) - é um subtipo da microestru tura compacta, caracterizada pela predominância de constituintes da fração areia. Resultam solos com aparência psamítica.

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO (Pattern distribution) - compreende padrões comparativos para a distribuição dos constituintes do solo. Os modelos principais de distribuição são: básica, referida e re lacionada.

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO BÁSICA (Basic distribution) - é o modelo de dis tribuição que apresenta os tipos: agrupada (Clustered) - os in divíduos estão concentrados em grupos; casual (Random) - os in divíduos estão distribuídos casualmente através do solo, não há nenhum modelo de distribuição reconhecível; concêntrica (Concen trio) - estão agrupados ao longo de linhas ou superfícies apro ximadamente concêntricas.

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO REFERIDA (Referred distribution) - é o modelo de distribuição que apresenta os tipos: não relacionada (Unrelated) - no qual a distribuição não está relacionada com nenhuma característica referencial; outânica (Cutanic) - os in divíduos estão associados às superfícies naturais; suboutânica (Suboutanic) - indivíduos ou grupos de indivíduos estão arranja dos paralelamente ao lado de superfícies naturais.

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO RELACIONADA (Related distribution) - é o modelo de distribuição ^{7 de 900} que apresenta os tipos: aglomeroplásmica (Agglomeroplasmic) - quando o plasma ocorre frouxo ou descontí nua; intertéxica (Intertextic) - quando os grânulos estão liga dos por braços de plasma ou embebidos numa massa porosa; granular

(Granular) - quando não há plasma, ou todo o plasma ocorre bem estruturado.

MODELO DE EXTINÇÃO (Extinction pattern): contínua (Continuous) - os agregados de plasma não são observáveis, senão por camadas paralelas de plasma, e apresentam-se fortemente orientados; estriada (Striated) - os agregados de plasma são física e/ou ópticamente anisótipos e exibem um arranjo linear ou linear curvo; flocada (Flecked) - os agregados de plasma estão distribuídos ao acaso.

MODELO DE ORIENTAÇÃO BÁSICA (Basic orientation) - compreende padrões de orientação, apresentados por termos descritivos, baseados na anisotropia ótica dos minerais. Reconhecem-se os seguintes tipos, com referência ao plasma e aos agregados de plasma: fortemente orientada (Strongly) - apresentam birrefringência contínua, isto é, linhas de extinção ocorrem através dos agregados de plasma ou eles extinguem-se como uma unidade; moderadamente orientada (Moderately) - os agregados de plasma apresentam limites pouco distintos e uma extinção incompleta, lembrando a extinção de certas micas; fracamente orientada (Weakly) - apresentam birrefringência fraca e extinção ondulante; não orientada (Unoriented) - apresentam-se isotropos.

NÓDULOS (Nodules) (14) - compreendem glêbulas com microestrutura interna não diferenciada.

PEDODOS (Pedodes) (13) - compreendem glêbulas com uma cavidade interior, frequentemente contendo cristais ou matéria mineral.

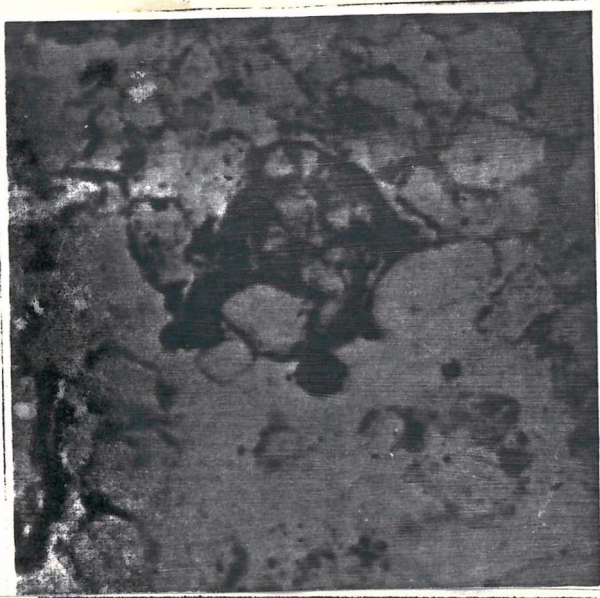
PLASMA (Plasma) - inclui todo material, mineral ou orgânico, de tamanho coloidal. Pode apresentar-se sob as seguintes formas microestruturais: agregados de plasma, cutans e acúmulos de plasma.

PLASMA PRÓPRIAMENTE DITO - é o plasma que não se encontra estruturado sob as formas anteriores; ocorre, usualmente, preenchendo os vazios entre os constituintes do esqueleto. Grau de continuidade: será denominado contínuo, se preencher de maneira homogênea os vazios simples e/ou compostos, caso contrário será descrito a vários graus de descontinuidade.

VAZIOS (Voids) - compreendem tôda porção de espaço, observada em secções delgadas, não ocupada por constituintes sólidos do solo. Configuração (Conformation) - diz respeito à descrição da forma das paredes dos vazios. São apresentados os seguintes tipos: curva da (Curved) - compreende, particularmente, vazios alongados ou canais, que possuem seu eixo físico mais longo significativamente desviado de uma linha reta; regular (Regular) - compreende vazios que não apresentam ângulos significativamente salientes ou reentrantes entre faces ou segmentos de parede; irregular (Irregular) - compreende vazios de forma elíptica ou esférica, cujas paredes possuem contôrno significativamente irregular. Arranjo (Arrangement) - é a disposição dos vazios em relação aos agregados. Considera três grupos: intrapedal (Intrapedal) - ocorrem dentro dos agregados ou do material não agregado do solo; interpedal (Interpedal) - ocorrem entre os agregados; transpedal (Transpedal) - quando ocorrem através do solo, sem nenhuma relação específica com a ocorrência de agregados.

VAZIOS COMPLEXOS (Compound packing voids) - compreendem vazios resultantes do empilhamento de indivíduos complexos, como os agregados, que não estão justapostos. São interligados.

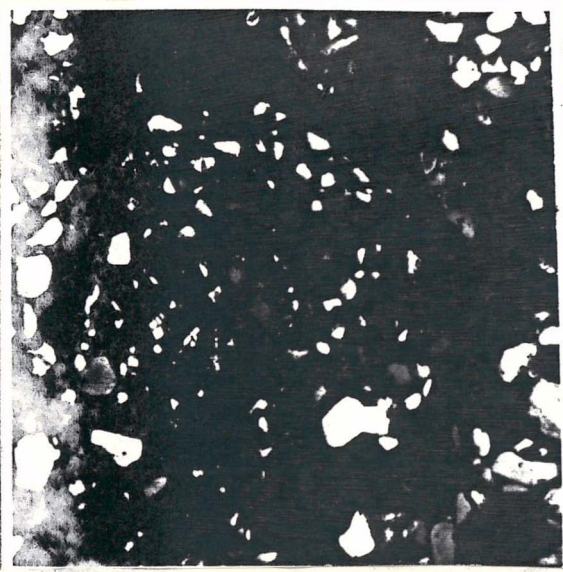
VAZIOS SIMPLES (Simple packing voids) - compreendem vazios decorrentes do empilhamento casual de grânulos. Apresentam configuração irregular e são interligados. Geralmente são muito pequenos para serem observados mesmo através do microscópio, com exceção daqueles decorrentes do empilhamento de grânulos das frações mais grosseiras de areia.



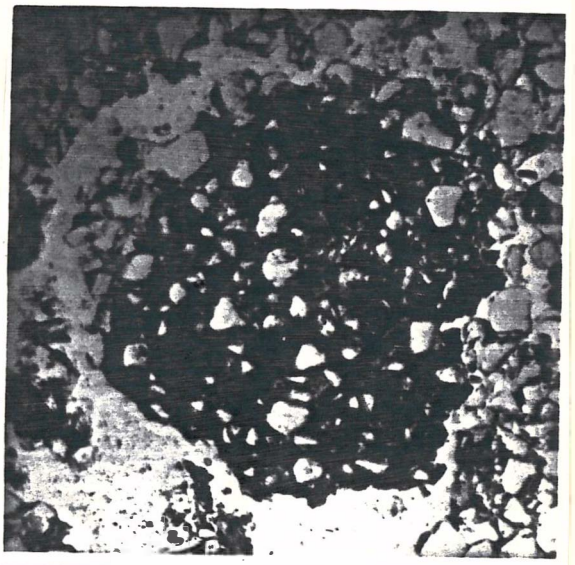
1



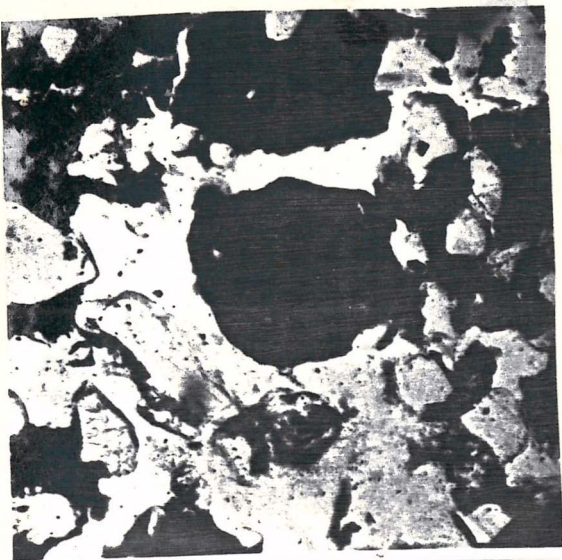
2



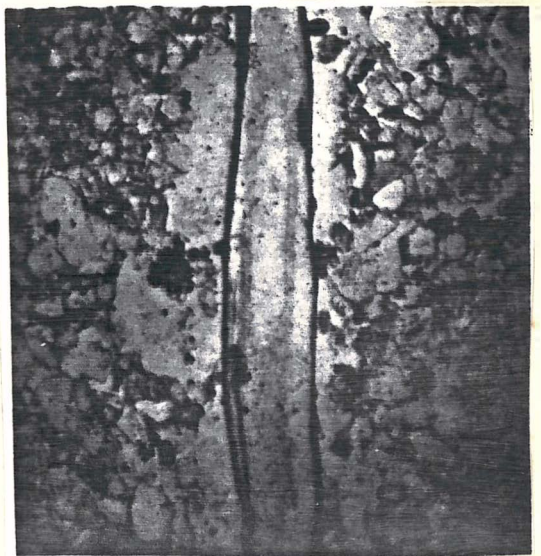
3



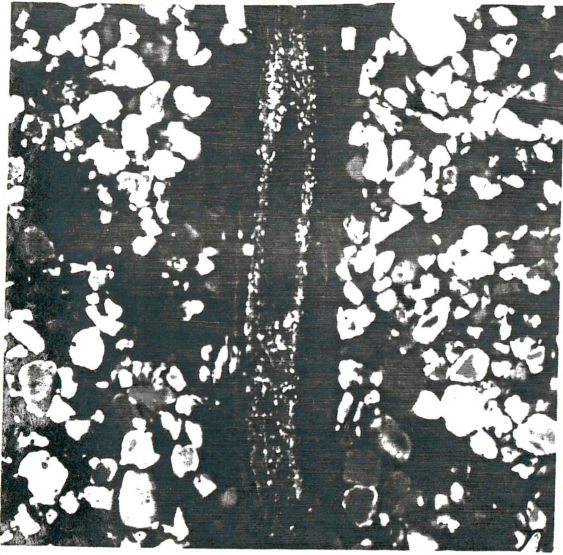
4



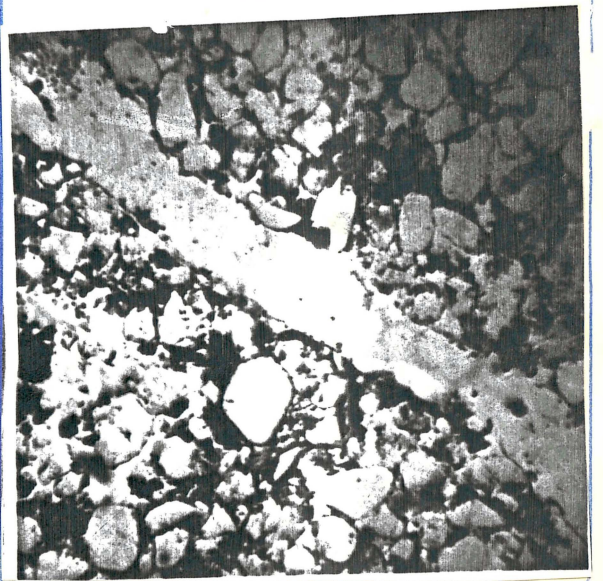
5



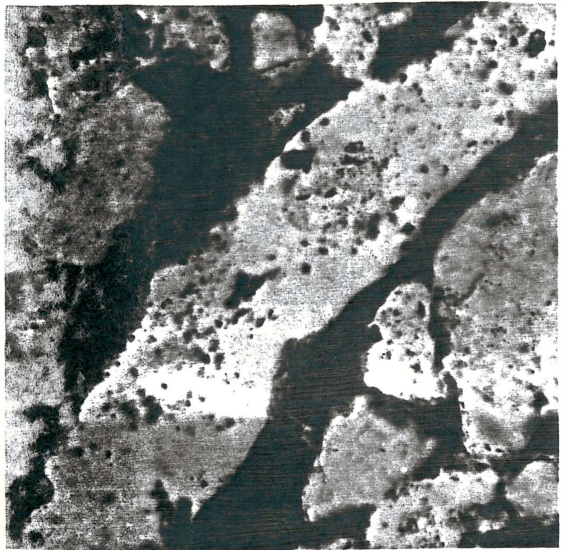
6



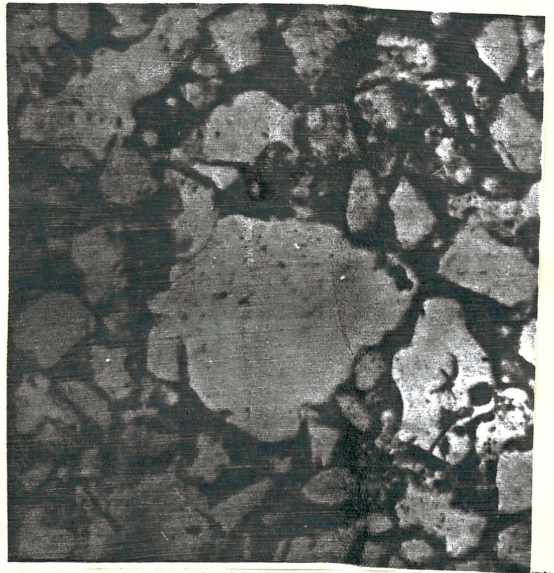
7



8



9



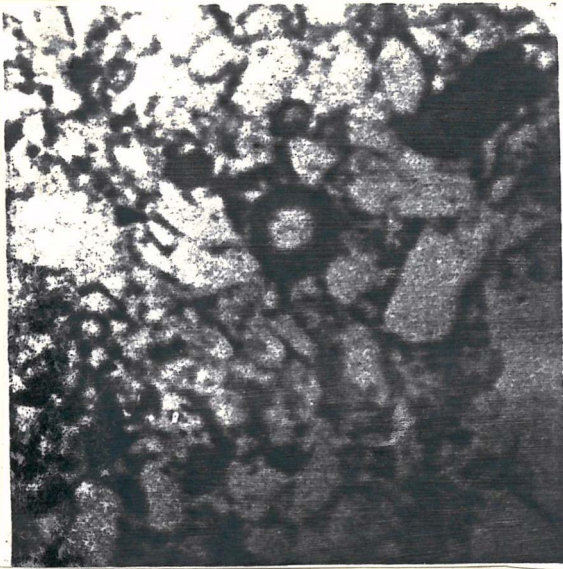
10



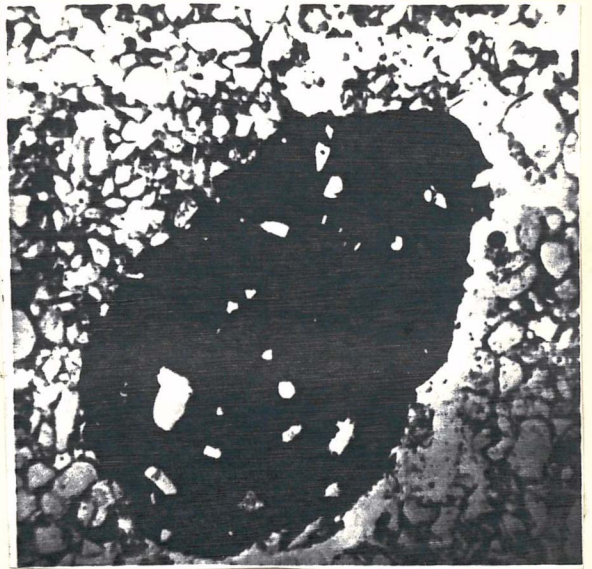
11



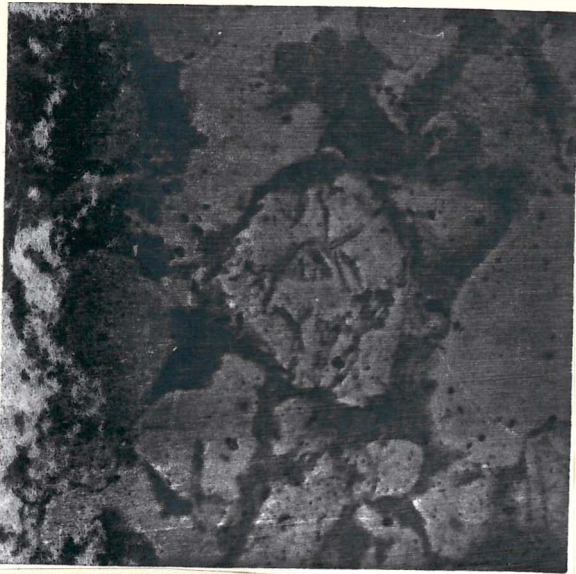
12



13



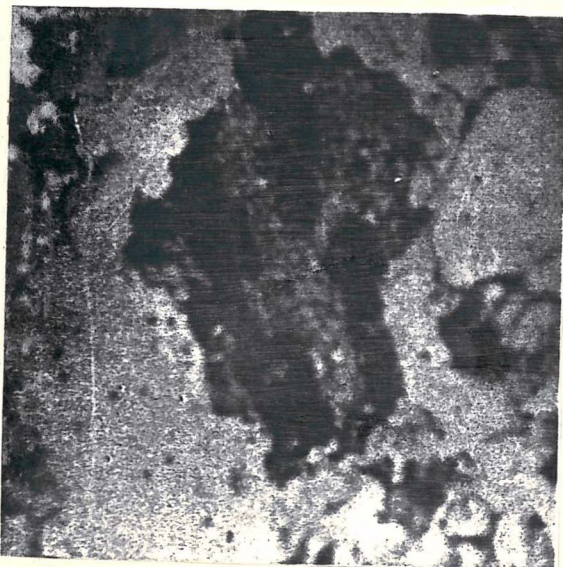
14



15



16



17



18

DESCRIÇÃO DAS MICROFOTOGRAFIAS

- 1 - A área central escura corresponde a acúmulos de plasma. As linhas escuras, ao redor dos grânulos, são cutans a vários graus de continuidade. No canto superior direito aparece um fragmento de húmus bruto. Horizonte Ap do Saltinho. 100X.
- 2 - As duas áreas escuras maiores são microagregados. A área mais escura, de tamanho bem menor, ao lado do agregado superior, é um mineral opaco. As linhas escuras, ao redor dos grânulos, são cutans. Horizonte C do Paredão Vermelho. 100X.
- 3 - Macroagregado. A superfície de enfraquecimento, ao redor do agregado, é reconhecida pela presença de vazio (área branca). Horizonte Ap do Saltinho. 40X.
- 4 - O mesmo macroagregado da foto anterior, observado sob nicóis cruzados. A área preta, ao redor do agregado, corresponde ao vazio. 40X.
- 5 - A área central escura é um agregado plasma-silte. As pequenas áreas brancas, dentro do agregado, são grânulos de tamanho silte. Horizonte C do Saltinho. 100X.
- 6 - Canal contendo raiz. A área central escura, à esquerda da raiz, corresponde a concentrações de húmus coloidal. Horizonte Ap do Cruz Alta. 40X.
- 7 - A mesma foto anterior, observada sob nicóis cruzados. As áreas escuras, aos lados da raiz, correspondem ao canal. 40X.
- 8 - A área transversal branca é um canal sem cutans. As áreas escuras são plasma. As linhas escuras ao redor dos grânulos são cutans. Horizonte Ap do Paredão Vermelho. 40X.
- 9 - A área transversal branca é um canal. Parte da área escura, às margens do canal, corresponde ao cutans canal. Horizonte Ap do Saltinho. 250X.
- 10 - A área central branca é uma cavidade. As áreas escuras correspondem a plasma contínuo. Horizonte Ap do Saltinho. 100X.
- 11 - A área central branca é um grânulo de quartzo. As áreas escuras são plasma. Parte do plasma, que envolve o grânulo, é o cutans grânulo. Horizonte Ap do Cruz Alta. 100X.

- 12 - A área central escura é o mesmo grânulo da foto anterior, observado sob nicóis cruzados. A fina linha branca, ao redor do grânulo, é o cutans grânulo: moderadamente orientado, fino e simples. 100X.
- 13 - A figura central, em forma de anel, é um pedodo. A área escura, no canto superior direito, é um fragmento vegetal em estágio adiantado de decomposição. Horizonte Ap do Cruz Alta. 80X.
- 14 - Nódulo, provavelmente de óxido de manganês. Horizonte Ap do Saltinho. 40X.
- 15 - A figura maior, ao centro, é um grânulo de feldspato em processo de decomposição. O grânulo escuro, logo acima dele, é turmalina. As áreas escuras são plasma. Horizonte C_{III} do Cruz Alta. 250X.
- 16 - O mesmo feldspato anterior, observado sob nicóis cruzados. Apresenta extinção denunciando grupamento cristalino. 250X.
- 17 - Fragmento vegetal pouco decomposto, com estrutura celular reconhecível. Horizonte Ap do Cruz Alta. 80X.
- 18 - A figura central, de forma tubular, é um organismo não decomposto, ocupando um canal. O grânulo de borda escura e espessa é zirconita. Horizonte Ap do Cruz Alta. 100X.

5 - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS

Os caracteres são descritos numa sequência baseada em critério utilizado em outros trabalhos de mesma índole. Os solos são apresentados em ordem alfabética.

5.1 - SÉRIE CRUZ ALTA, HORIZONTE Ap.

5.1.1 - Vazios

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

5.1.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arrançamento: intrapedal.

5.1.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.

Configuração: irregular.

Arrançamento: interpedal.

5.1.1.3 - Canais

Poucos.

Configuração: irregular a curvada; os que contêm raízes são mais regulares.

Arrançamento: intra e transpedal.

Modêlo de ramificação: simples.

5.1.2 - Plasma

5.1.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso a floculado.

Transparência: pouco transparente.

Côr: marrom avermelhado a marrom avermelhado escuro (5YR 4/4; 3/4).

Composição provável: predominância de minerais de argila, seguidos de húmus e óxido de ferro.

Formas microestruturais: alta predominância de agregados de plasma, seguidos de cutans e plasma propriamente dito.

Microestrutura: aproxima-se mais da esquelsépica.

5.1.2.2 - Plasma propriamente dito

Modêlo de distribuição referida: parte do plasma apresenta distribuição subcutânica.

Modêlo de distribuição relacionada: aglomeroplásmica.

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de continuidade: pouco descontínuo.

5.1.2.3 - Agregados de plasma

Modêlo de distribuição básica: agrupada.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Modêlo de extinção: estriada.

5.1.2.4 - Cutans

Modêlo de distribuição referida: cutânica.

Natureza mineralógica: ferri-organo-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: moderada a fortemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: contínuo, raramente descontínuo.

Espessura: fino, raramente médio.

Ocorrência: raros grânulos sem cutans.

B - Cutans agregado

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: moderadamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino, às vezes médio e espesso.

Ocorrência: poucos agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: fracamente separado, às vezes se confunde com o cutans grânulo livre.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino, raramente médio,

Ocorrência: nos vazios simples não é observável; nos outros tipos de vazios ocorre com pequena frequência.

5.1.3 - Grânulos

Modelo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de quartzo (98,1%), seguido de minerais opacos, turmalinas, plagioclásios, muscovita e zirconita. Menos frequentemente estauroлита e ortoclase.

Arredondamento: 3 a 4.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos. Observou-se um número relativamente grande de grânulos de feldspatos, parcialmente decompostos, típicos desse perfil.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência, em grânulos de quartzo.

5.1.4 - Agregados

Modelo de distribuição básica: casual.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: podsólido.

Microagregados

Tamanho: quase constante.

Forma: esférica.

Conformação: fraca.

Contorno: bem delimitado.

Macroagregados

Tamanho: variado.

Forma: poliesferal,

Conformação: fraca.

Contorno: mal delimitado

5.1.5 - Glébulas

5.1.5.1 - Nódulo

Modelo de orientação básica: moderadamente orientada.

Côr: amarelo claro.

Diâmetro: 66 μ .

Natureza mineralógica: minerais de argila e limonita.

Forma: esférica.

Microestrutura interna: não diferenciada.

5.1.5.2 - Pedoto

Modelo de orientação básica: fortemente orientada.

Côr: amarelo claro.

Diâmetro: 188 μ .

Natureza mineralógica: minerais de argila e limonita, com muscovita na cavidade.

Forma: esférica.

Microestrutura interna: não diferenciada.

5.1.6 - Húmus.

Alta predominância de húmus tipo "mull".

Abundantes fragmentos de húmus bruto: raízes abundantes, algumas em decomposição; restos de tecido orgânico, alguns com estrutura celular reconhecível; excrementos da fâunula; pequenos fragmentos de carvão.

5.1.7 - Microestrutura

5.1.7.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se mais do tipo clamidomórfica, entretanto, assemelha-se ao tipo areia alvadia, particularmente em relação ao húmus.

5.1.7.2 - Microestrutura de ordem maior

Aproxima-se mais do tipo esponjosa.

5.2 - SÉRIE CRUZ ALTA, HORIZONTE C_{III}

5.2.1 - Vazios.

Modelo de distribuição básica: casual.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

5.2.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arrançamento: intrapedal.

5.2.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.

Configuração: tendem a regular.

Arrançamento: interpedal.

5.2.1.3 - Cavidades

Raras.

Configuração: regular.

Tamanho: diâmetro maior entre 1 e 3 mm.

Arranjo: transpedal.

5.2.1.4 - Canais

Poucos, nunca contém raízes.

Configuração: irregular a regular.

Arranjo: intrapedal e transpedal.

Modelo de ramificação: simples.

5.2.2 - Plasma

5.2.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso.

Transparência: muito pouco transparente a opaco.

Côr: amarelo avermelhado a vermelho amarelado (5YR 6/8; 5/8).

Composição provável: predominância de minerais de argila, e óxido de ferro.

Formas microestruturais: alta predominância de agregados de plasma, seguidos de cutans e plasma propriamente dito.

Microestrutura: aproxima-se mais da esquelética.

5.2.2.2 - Plasma propriamente dito

Modelo de distribuição referida: parte do plasma apresenta distribuição subcutânica.

Modelo de distribuição relacionada: aglomeroplásmica.

Modelo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de continuidade: muito pouco descontínuo.

5.2.2.3 - Agregados de plasma

Modelo de orientação básica: agrupada.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

Modelo de orientação básica: moderadamente orientada.

Modelo de extinção: estriada.

5.2.2.4 - Cutans

Modelo de distribuição referida: cutânica.

Natureza mineralógica: ferri-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: fraca a moderadamente orientada.

Grau de separação: fracamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: geralmente contínuo, mas grande número de grânulos com cutans pouco contínuo.

Espessura: fino, raramente médio.

Ocorrência: raríssimos grânulos sem cutans.

B - Cutans agregado

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: moderadamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino, às vezes médio e espesso.

Ocorrência: poucos agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: moderadamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino, raramente médio.

Ocorrência: nos vazios simples não é observável; nos outros tipos de vazios ocorre raramente.

5.2.3 - Grânulos

Modêlo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de quartzo (97,65), seguido de minerais opacos, turmalinas, plagioclásios, muscovita e zirconita. Menos frequentemente estauroлита e ortoclase.

Arredondamento: 3 a 4.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos. Observou-se um número relativamente grande de grânulos de feldspatos, parcialmente decompostos, típicos desse perfil.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência, em grânulos de quartzo.

5.2.4 - Agregados

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: podsólíco, porém nota-se certa semelhança com o tipo chernozem de solos arenosos.

Microagregados

Tamanho: quase constante.

Forma: esférica.

Conformação: fraca.

Contorno: bem delimitado.

Macroagregados

Tamanho: variado.

Forma: poliesferal a esférica

Conformação: fraca.

Contorno: apenas delimitado.

5.2.5 - Húmus

Praticamente ausente, observaram-se, entretanto, raras concentrações semelhantes ao húmus tipo "mull", do horizonte superior.

5.2.6 - Microestrutura

5.2.6.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se muito do tipo clamidomórfica.

5.2.6.2 - Microestrutura de ordem maior

Assemelha-se mais ao tipo psamítica.

5.3 - SÉRIE PAREDÃO VERMELHO, HORIZONTE Ap

5.3.1 - Vazios

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

5.3.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arranjo: intrapedal.

5.3.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.

Configuração: tende a regular.

Arranjo: interpedal.

5.3.1.3 - Canais

Poucos.

Configuração: irregular a curvada; os que contém raízes são mais regulares.

Arranjo: intrapedal e transpedal.

Modelo de ramificação: simples.

5.3.2 - Plasma

5.3.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso a floculado.

Transparência: geralmente opaco.

Côr: vermelho escuro a marrom escuro avermelhado (2,5R 3/6; 3/4).

Composição provável: predominância de minerais de argila, seguidos de alto teor em óxidos de ferro e húmus.

Formas microestruturais: predominância de agregados de plasma, seguidos de plasma propriamente dito e cutans.

Microestrutura: argilasépica.

5.3.2.2 - Plasma propriamente dito

Modelo de distribuição referida: não relacionada, entretanto, pequena parte do plasma apresenta distribuição subcutânica.

Modelo de distribuição relacionada: aglomeroplásmica.

Modelo de orientação básica: fracamente orientada a não orientada.

Grau de continuidade: muito pouco descontínuo.

5.3.2.3 - Agregados de plasma

Modelo de distribuição básica: casual.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

Modelo de orientação básica: fracamente orientada.

Modelo de extinção: flocada.

5.3.2.4 - Cutans

Modelo de distribuição referida: cutânica.

Natureza mineralógica: ferri-organo-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: moderadamente separado.

Complexidade: geralmente simples.

Grau de continuidade: geralmente descontínuo.

Espessura: geralmente fino.

Ocorrência: poucos grânulos com cutans.

B - Cutans agregado

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: fraoa a moderadamente separado,

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino.

Ocorrência: raros agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: levemente separado, confundindo-se com o cutans grânulo livre.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: desoontínuo.

Espessura: fino.

Ocorrência: nos vazios simples não é observável; nos outros tipos de vazios ocorre raramente.

5.3.3 - Grânulos

Modêlo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de quartzo (96,8%), seguido de minerais opacos, turmalinas, muscovita e zircônia. Menos frequentemente feldspatos e raríssimas granadas.

Arredondamento: 3 a.4.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência, em grânulos de quartzo.

5.3.4 - Agregados

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: podsólico.

Microagregados

Tamanho: quase constante.

Forma: esférica.

Conformação: fraca.

Contorno: bem delimitado

Macroagregados

Tamanho: variado.

Forma: poliesferal.

Conformação: fraca.

Contorno: mal delimitado.

5.3.5 - Húmus

Alta predominância de húmus tipo "mull".

Abundantes fragmentos de húmus bruto: raízes abundantes, algumas em decomposição e restos de tecidos orgânicos não decompostos.

5.3.6 - Microestrutura

5.3.6.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se mais do tipo clamidomórfica, entretanto, assemelha-se ao tipo areia alvadia, particularmente em relação ao húmus.

5.3.6.2 - Microestrutura de ordem maior

Aproxima-se do tipo esponjosa.

5.4 - SÉRIE PAREDÃO VERMELHO, HORIZONTE C

5.4.1 - Vazios

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

5.4.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arrançamento: intrapedal.

5.4.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.

Configuração: regular.

Arrançamento: interpedal.

5.4.1.3 - Cavidades

Raras.

Configuração: irregular, elíptica.

Tamanho: diâmetro maior entre 1 a 1,5 mm.

Arranjo: transpedal.

5.4.1.4 - Canais

Poucos, nunca contém raízes.

Configuração: irregular.

Arranjo: intrapedal e transpedal.

Modelo de ramificação: simples.

5.4.2 - Plasma

5.4.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso.

Transparência: quase totalmente opaco.

Côr: vermelho (2,5YR 5/8; 4/8).

Composição provável: pequena predominância de minerais de argila sobre óxidos de ferro.

Formas microestruturais: alta predominância de agregados de plasma, seguidos de plasma própriamente dito e cutans.

Microestrutura: argilasépica.

5.4.2.2 - Plasma própriamente dito

Modelo de distribuição referida: não relacionada, entretanto, pequena parte do plasma apresenta distribuição subcutânea.

Modelo de distribuição relacionada: aglomeroplásmica.

Modelo de orientação básica: fracamente orientada a não orientada.

Grado de continuidade: pouco descontínuo.

5.4.2.3 - Agregados de plasma

Modelo de distribuição básica: casual, pouco agrupada.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

Modelo de extinção: flocada.

Tamanho: predominam agregados tamanho areia fina.

5.4.2.4 - Cutans

Modelo de distribuição referida: cutânea.

Natureza mineralógica: ferri-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: moderadamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: geralmente contínuo.

Espessura: geralmente fino, raramente médio.

Ocorrência: abundantes grânulos com cutans.

B - Cutans agregado

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: fraca a moderadamente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino, às vêzes espêso.

Ocorrência: raros agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Praticamente ausente.

5.4.3 - Grânulos

Modêlo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de **quartzo (97,4%)**, seguido de minerais opacos, turmalinas, **zircônia** e **muscovita**. Menos frequentemente feldspatos, **estaurocita** e **raríssimas granadas**.

Arredondamentos: 4 a 5.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência em **grânulos de quartzo**.

5.4.4 - Agregados

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: aproxima-se mais do tipo chermozem.

Microagregados

Tamanho: quase constante.
Forma: esférica.
Conformação: fraca.
Contorno: bem delimitado.

Macroagregados

Tamanho: variado.
Forma: poliesférica a esférica.
Conformação: fraca.
Contorno: apenas delimitado

5.4.5 - Húmus

Praticamente ausente, observaram-se, entretanto, raríssimas concentrações semelhantes ao húmus tipo "mull" do horizonte superior.

5.4.6 - Microestrutura

5.4.6.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se muito do tipo clamidomórfica.

5.4.6.2 - Microestrutura de ordem maior

Assemelha-se ao tipo psamítica.

5.5 - SÉRIE SALTINHO, HORIZONTE Ap.

5.5.1 - Vazios

Modelo de distribuição básica: casual.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

5.5.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arranjo: intrapedal.

5.5.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.

Configuração: irregular.

Arranjo: interpedal.

5.5.1.3 - Cavidades

Raras.

Configuração: irregular.

Tamanho: diâmetro maior entre 1 e 4 mm.

Arranjo: transpedal.

5.5.1.4 - Canais

Poucos.

Configuração: irregular a curvada; os que contém raízes são mais regulares.

Arranjo: intra e transpedal.

Modelo de ramificação: simples.

5.5.2 - Plasma

5.5.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso, muito pouco flocculado.

Transparência: pouco transparente.

Côr: nas regiões de maior acúmulo de húmus é marrom escuro avermelhado (2,5YR 3/4; 2/4), senão, vermelho a vermelho escuro (2,5YR 4/6; 3/6).

Composição provável: predominância de minerais de argila, alto teor em óxidos de ferro e quantidade variável de húmus.

Formas microestruturais: predominância de agregados de plasma, seguidos de plasma propriamente dito, cutans e acúmulos de plasma.

Microestrutura: esquelsépica.

5.5.2.2 - Plasma propriamente dito

Modelo de distribuição referida: grande parte do plasma apresenta distribuição subcutânica.

Modelo de distribuição relacionada: granular.

Modelo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de continuidade: muito pouco descontínuo.

5.5.2.3 - Agregados de plasma

Modelo de distribuição básica: agrupada.

Modelo de distribuição referida: não relacionada.

Modelo de orientação básica: moderada a fortemente orientada.

Modelo de extinção: estriada a contínua.

5.5.2.4 - Cutans

Modelo de distribuição referida: cutânica.

Natureza mineralógica: ferri-organo-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: moderada a fortemente orientada.

Grau de separação: fraca e levemente separado.

Complexidade: geralmente simples.

Grau de continuidade: desde completamente contínuo, até bem descontinuo.

Espessura: fino a espêso.

Ocorrência: raros grânulos sem cutans.

B - Cutans agregado.

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: fraca a levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontinuo.

Espessura: fino a espêso.

Ocorrência: poucos agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: fraca a levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: geralmente descontinuo.

Espessura: fino a espêso.

Ocorrência: nos vazios simples não é observável, nos outros tipos de vazios ocorre com certa frequência.

D - Cutans canal

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: fraca a levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: geralmente descontinuo.

Espessura: fino a espêso.

Ocorrência: ocorre com certa frequência.

5.5.2.5 - Acúmulos de plasma

Modêlo de distribuição básica: concêntrica.

Modêlo de distribuição referida: subcutânica.

Modêlo de orientação básica: fortemente orientada.

Natureza mineralógica: ferri-argilans.

Côr: vermelho claro a vermelho (2,5YR 6/8; 4/8).

Ocorrência: abundantes.

5.5.3 - Grânulos

Modêlo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de quartzo (97,0%), seguido de minerais opacos, turmalinas, zirconita e muscovita. Menos frequentemente feldspatos.

Arredondamento: 3 a 4.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência, em grânulos de quartzo.

5.5.4 - Agregados

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: podzólico.

Microagregados

Tam nho: variado.

Forma: esférica.

Conformação: fraca.

Contôrno: bem delimitado.

Macroagregados

Tamanho: variado.

Forma: poliesférica.

Conformação: fraca.

Contôrno: mal delimitado.

5.5.5 - Glêbulas

5.5.5.1 - Nódulos

Modêlo de orientação básica: não orientada.

Côr: cinza escuro, quase preto.

Diâmetro: 1 a 3 mm.

Natureza mineralógica: provavelmente predominam óxidos de manganês.

Forma: elipsoidal a esférica.

Microestrutura interna: não diferenciada.

5.5.5.2 - Nódulos

Modêlo de orientação básica: fortemente orientado.

Côr: cinza claro a esbranquiçado.

Natureza mineralógica: provavelmente minerais de argila.

Forma: irregular.

Microestrutura interna: não diferenciada.

5.5.5.3 - Nódulos

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Côr: amarelo claro.

Natureza mineralógica: minerais de argila e limonita.

Forma: esférica.

Microestrutura interna: não diferenciada.

5.5.6 - Húmus

Apresenta maior quantidade de húmus que os outros horizontes correspondentes.

Alta predominância de húmus tipo "mull".

Abundantes fragmentos de húmus bruto: raízes abundantes, algumas em decomposição e restos de tecido orgânico, alguns com estrutura celular reconhecível.

5.5.7 - Microestrutura

5.5.7.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se mais do tipo clamidomórfica, entretanto, assemelha-se ao tipo areia alvadia, particularmente em relação ao húmus.

5.5.7.2 - Microestrutura de ordem maior

Aproxima-se do tipo esponjosa.

5.6 - SÉRIE SALTINHO, HORIZONTE C

5.6.1 - Vazios

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

5.6.1.1 - Vazios simples

Abundantes, grande número observável ao microscópio.

Configuração: irregular.

Arranjo: intrapedal.

5.6.1.2 - Vazios complexos

Menos abundantes.
Configuração: irregular.
Arrançamento: interpedal.

5.6.1.3 - Cavidades

Raras.
Configuração: regular.
Tamanho: diâmetro maior entre 1 e 4 mm.
Arrançamento: transpedal.

5.6.2 - Plasma

5.6.2.1 - Características gerais

Aspecto: gelatinoso.
Transparência: pouco transparente.
Côr: vermelho a vermelho escuro (10R 4/6; 3/6).
Composição provável: predominância de minerais de argila e alto teor em óxidos de ferro.
Formas microestruturais: quase sempre constituindo agregados plasma-silte, abundantes agregados de plasma, cutans e plasma pròpriamente dito.
Microestrutura: argilasépica.

5.6.2.2 - Plasma pròpriamente dito

Modêlo de distribuição referida: parte do plasma apresenta distribuição subcutânica.
Modêlo de distribuição relacionada: intertêxico.
Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.
Grau de continuidade: geralmente contínuo.

5.6.2.3 - Agregados de plasma

Modêlo de distribuição básica: casual, pouco agrupada.
Modêlo de distribuição referida: não relacionada.
Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.
Modêlo de extinção: flocada, pouco estriada.

5.6.2.4 - Cutans

Modêlo de distribuição referida: cutânica.
Natureza mineralógica: ferri-argilans.

A - Cutans grânulo

Modêlo de orientação básica: fraca a moderadamente orientada.

Grau de separação: geralmente levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: contínuo.

Espessura: espêso, grande número de grânulos apresentam cutans excessivamente espêso, dando a impressão de estarem mergulhados no plasma.

Ocorrência: raros grânulos sem cutans.

B - Cutans agregado

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Grau de separação: levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino a espêso.

Ocorrência: poucos agregados com cutans.

C - Cutans vazio normal

Modêlo de orientação básica: fracamente orientada.

Grau de separação: levemente separado.

Complexidade: simples.

Grau de continuidade: descontínuo.

Espessura: fino.

Ocorrência: nos vazios simples não é observável, nos outros vazios ocorre raramente.

5.6.2.5 - Agregados plasma-silte

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Modêlo de orientação básica: moderadamente orientada.

Tamanho: geralmente correspondente às frações mais grosseiras de areia.

Ocorrência: muito abundantes.

5.6.3 - Grânulos

Modêlo de distribuição básica: casual.

Análise mineralógica: alta predominância de quartzo (95,7%), seguido de minerais opacos, turmalinas, zirconita e muscovita. Menos frequentemente feldspatos.

Arredondamento: 3 a 4.

Esfericidade: baixa.

Decomposição: em grânulos de feldspatos.

Inclusões: em raros grânulos de quartzo.

Extinção particular: com certa frequência, em grânulos de quartzo.

5.6.4 - Agregados

Modêlo de distribuição básica: casual.

Modêlo de distribuição referida: não relacionada.

Microestrutura: assemelha-se mais ao tipo chernozem de solos arenosos.

Microagregados

Tamanho: variado.

Forma: esférica.

Conformação: fraca.

Contorno: bem delimitado.

Macroagregados.

Tamanho: variado.

Forma: poliesferal a esférica.

Conformação: fraca.

Contorno: apenas a bem delimitado.

5.6.5 - Húmus

Praticamente ausente, observaram-se, entretanto, raras concentrações semelhantes ao húmus tipo "mull" do horizonte superior.

5.6.6 - Microestrutura

5.6.6.1 - Microestrutura elementar

Aproxima-se muito do tipo olamidomórfica.

5.6.6.2 - Microestrutura de ordem maior

Assemelha-se mais ao tipo psamítica.

6 - VOLUME % DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES

Denominamos principais constituintes àqueles que ocorrem em maior quantidade no solo, quais sejam: grânulos, plasma e vazios.

6.1 - PLATINA INTEGRADORA X OCULAR DE INTEGRAÇÃO

Num teste preliminar, avaliamos a percentagem em volume dos principais constituintes, utilizando, primeiramente, a platina integradora de Shand e, a seguir, a ocular de integração. Tal procedimento nos permitiria comparar os resultados obtidos da aplicação de duas técnicas diferentes, mas que conduzem a resultados estatisticamente semelhantes, segundo CHAYES (1956) e MANDARINO (1956).

Na Tabela I apresentamos os resultados obtidos através da aplicação das duas técnicas, sobre duas lâminas de solo.

Tabela I. Platina X Ocular

		Grânulos	Plasma	Vazios
LÂMINA I	Platina	45,10	31,14	23,74
	Ocular	43,80	31,12	25,08
LÂMINA II	Platina	50,00	23,26	26,41
	Ocular	51,50	22,20	26,30

6.2 - CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

Com referência à aplicação da ocular de integração, é sempre necessário, para cada novo tipo de material a ser estudado, calcular o tamanho da amostra, expressa, neste caso, pelo número de impactos ou de pontos que devem ser computados para cada constituinte preliminarmente escolhido.

Para cada lâmina foram computados mil pontos, correspondentes ao total de impactos sobre quaisquer dos constituintes escolhidos. Portanto, apesar do valor total da amostra inicial constituir um número constante, o valor parcial dessa amostra, para cada constituinte, poderá apresentar certa variação.

Na Tabela II apresentamos as amostras que devem ser utilizadas, para $d = 0,1$ e $d = 0,05$.

Tabela II. Tamanho da Amostra

Solos	Hori- zonte	Consti- tuinte	Amostra Inicial	Intervalo de Confiança	Amostra Final	
					d = 0,1	d = 0,05
	Ap	Grânulos	637,0	$0,6066 \leq q \leq 0,6674$	100,0	400,0
		Plasma	201,5	$0,1731 \leq q \leq 0,2299$	90,0	350,0
		Vazios	<u>161,5</u>	$0,1382 \leq q \leq 0,1848$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0
CRUZ						
ALTA	C _{III}	Grânulos	533,0	$0,5014 \leq q \leq 0,5646$	100,0	400,0
		Plasma	289,0	$0,2603 \leq q \leq 0,3177$	90,0	350,0
		Vazios	<u>178,0</u>	$0,1538 \leq q \leq 0,2022$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0
	Ap	Grânulos	579,5	$0,5483 \leq q \leq 0,6107$	100,0	400,0
		Plasma	264,5	$0,2365 \leq q \leq 0,2925$	90,0	350,0
		Vazios	<u>156,0</u>	$0,1330 \leq q \leq 0,1790$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0
PAREDEÃO						
VERMELHO	C	Grânulos	498,5	$0,4669 \leq q \leq 0,5301$	100,0	400,0
		Plasma	290,0	$0,2613 \leq q \leq 0,3187$	90,0	350,0
		Vazios	<u>211,5</u>	$0,1857 \leq q \leq 0,2373$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0
	Ap	Grânulos	511,6	$0,4799 \leq q \leq 0,5431$	100,0	400,0
		Plasma	347,0	$0,3169 \leq q \leq 0,3771$	90,0	350,0
		Vazios	<u>141,0</u>	$0,1195 \leq q \leq 0,1635$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0
SALTINHO						
	C	Grânulos	480,0	$0,4484 \leq q \leq 0,5116$	100,0	400,0
		Plasma	394,0	$0,3631 \leq q \leq 0,4249$	90,0	350,0
		Vazios	<u>126,0</u>	$0,1050 \leq q \leq 0,1470$	<u>60,0</u>	<u>250,0</u>
			1000,0		250,0	1000,0

6.3 - CONTRÔLE DOS RESULTADOS

Além do cálculo do tamanho da amostra, é necessário, para o controle dos resultados obtidos, a aplicação de teste de normalidade, a fim de assegurar-nos se eles seguem a distribuição das possibilidades segundo Gauss. Esse teste é importante, visto que os dados estatísticos somente são válidos para a distribuição normal.

Na Tabela III apresentamos os resultados do teste aplicado.

Tabela III. Resultados do Teste χ^2

Solos	Horizonte	Constituinte	χ^2	G.L.	Probabilidade	
					5%	1%
CRUZ ALTA	Ap	Grânulos	13,72	7	14,07	18,48
		Plasma	6,42	5	11,07	15,09
		Vazios	5,16	4	9,49	13,28
PAREDÃO VERMELHO	C _{III}	Grânulos	14,98	8	15,51	20,09
		Plasma	6,33	6	12,59	16,81
		Vazios	6,45	5	11,07	15,09
SALTINHO	Ap	Grânulos	4,00	6	12,59	16,81
		Plasma	2,48	7	14,07	18,48
		Vazios	9,72	4	9,49	13,28
SALTINHO	C	Grânulos	12,75	9	16,92	21,67
		Plasma	12,17	7	14,07	18,48
		Vazios	13,59	5	11,07	15,09
SALTINHO	Ap	Grânulos	5,12	9	16,92	21,67
		Plasma	4,53	7	14,07	18,48
		Vazios	11,43	7	14,07	18,48
SALTINHO	C	Grânulos	14,29	7	14,07	18,48
		Plasma	12,73	7	14,07	18,48
		Vazios	4,37	5	11,07	15,09

6.4 - DETERMINAÇÃO DO VOLUME %

A aplicação da ocular de integração é de uso corrente em petrografia. Procuramos, aqui, introduzir sua utilização no estudo de solos. Foram determinados os volumes percentuais de grânulos, plasma e vazios. Determinou-se, também, a percentagem de grânulos de quartzo. Assim, a diferença entre as percentagens de grânulos e de grânulos de quartzo, permite calcular a correspondente aos outros minerais que são apresentados no Capítulo 5.

Na Tabela IV apresentamos os resultados obtidos da aplicação da ocular.

Tabela IV. Volume % dos Principais Constituintes

Solos	Horizonte	Grânulos	Quartzo	Plasma	Vazios
CRUZ ALTA	Ap	63,70	62,50	20,15	16,15
	C _{III}	53,30	52,05	28,90	17,80
PAREDÃO	Ap	57,95	56,00	26,45	15,60
VERMELHO	C	49,85	48,55	29,00	21,15
SALTINHO	Ap	51,15	49,65	34,70	14,15
	C	48,00	45,95	39,40	12,60

7 - ESTUDO COMPARATIVO ENTRE HORIZONTES

7.1 - ENTRE HORIZONTES SUPERIORES (Ap x Ap x Ap)

7.1.1 - Vazios

7.1.1.1 - Vazios simples: idênticos.

7.1.1.2 - Vazios complexos: semelhantes; apenas no Paredão Vermelho possuem configuração mais regular.

7.1.1.3 - Cavidades: ocorrem apenas no Saltinho.

7.1.1.4 - Canais: idênticos.

7.1.1.5 - Volume %: apresentam valores bem próximos: Cruz Alta - 16,15; Paredão Vermelho - 15,60; Saltinho - 14,15.

7.1.2 - Plasma

7.1.2.1 - Características gerais: diferem por apresentarem colorações diferentes; pela presença de canais e de acúmulos de plasma apenas no Saltinho; e pela microestrutura, que no Paredão Vermelho é argilasépica e nos demais, esquelásépica.

7.1.2.2 - Plasma propriamente dito: diferem pelo modelo de orientação básica, que é fracamente orientada no Cruz Alta, fracamente a não orientada no Paredão Vermelho e moderadamente no Saltinho; e pelo modelo de distribuição relacionada, que no Saltinho é granular, e nos demais, aglomeroplásmica.

7.1.2.3 - Agregados de plasma: diferem pelo modelo de orientação básica, que é moderadamente orientada no Cruz Alta, fracamente no Paredão Vermelho e moderada a fortemente no Saltinho; e pelo modelo de extinção, que é estriada no Cruz Alta, flocada no Paredão Vermelho e estriada a contínua no Saltinho.

7.1.2.4 - Cutans

A - Cutans grânulo: diferem pelo modelo de orientação básica, que é moderadamente orientada no Cruz Alta, fracamente no Paredão Vermelho e moderada a fortemente no Saltinho; e pelo grau de separação, que é moderada a fortemente separado no Cruz Alta, moderadamente no Paredão Vermelho e fraca a levemente no Saltinho.

B - Cutans agregado: diferem quanto à espessura, que é variado no Cruz Alta, fino no Paredão Vermelho e fino a espêso no Saltinho.

C - Cutans vazio normal: diferem quanto à espessura, que é fino a médio no Cruz Alta, fino no Paredão Vermelho e fino a espêso no Saltinho; e pelo modelo de orientação básica, que é fracamente orientada no Paredão Vermelho e moderadamente nos demais.

7.1.2.5 - Volume %: Cruz Alta - 20,15; Paredão Vermelho - 26,45; Saltinho - 34,70; valores próximos entre o Cruz Alta e o Paredão Vermelho.

7.1.3 - Grânulos: diferem, apenas, por pequena variação na composição mineralógica e por certos grânulos de feldspatos, parcialmente decompostos, típicos do Cruz Alta. Quanto ao volume %, apresentam a seguinte variação: Cruz Alta - 63,70; Paredão Vermelho - 57,95; Saltinho - 51,15.

7.1.4 - Agregados: idênticos, tanto os micro, quanto os macroagregados.

7.1.5 - Glêbulas: o Cruz Alta apresenta apenas duas de cor amarelo claro, o Saltinho, várias, de cores escuras e claras, e não ocorrem no Paredão Vermelho.

7.1.6 - Húmus: diferem, apenas, pela maior abundância de húmus no Saltinho.

7.1.7. Microestrutura

7.1.7.1 - Microestrutura elementar: idênticas.

7.1.7.2 - Microestrutura de ordem maior: idênticas.

7.2 - ENTRE HORIZONTES INFERIORES (C_{III} x C x C)

7.2.1. Vazios

7.2.1.1 - Vazios simples: idênticos.

7.2.1.2 - Vazios complexos: diferem, apenas, quanto à configuração, que é mais irregular no Saltinho.

7.2.1.3 - Cavidades: diferem, apenas, quanto a pequena variação na amplitude dos diâmetros e pela configuração, que é irregular no Paredão Vermelho.

7.2.1.4 - Canais: idênticos no Cruz Alta e Paredão Vermelho; no Saltinho não foram observados.

7.2.1.5 - Volume %: Cruz Alta - 17,80; Paredão Vermelho - 21,15; Saltinho - 12,60.

7.2.2 - Plasma

7.2.2.1 - Características gerais: diferem por apresentarem colorações diferentes; pela ausência de cutans vazios normais no Paredão Vermelho; e pela presença de agregados de plasma-silte, apenas no Saltinho.

7.2.2.2 - Plasma propriamente dito: diferem pelo grau de continuidade, que é mais contínuo no Saltinho; e pelo modelo de distribuição relacionada, que é intertextica no Saltinho e aglomeroplásmica nos demais.

7.2.2.3 - Agregados de plasma: diferem pelo modelo de orientação básica, que é fracamente orientada no Paredão Vermelho e moderadamente nos demais; pelo modelo de extinção, que é estriada no Cruz Alta, flocada no Paredão Vermelho e flocada a estriada no Saltinho; e pela predominância de agregados tamanho areia fina apenas no Paredão Vermelho.

7.2.2.4 - Cutans

A - Cutans grânulo: diferem pelo grau de separação, que é fracamente separado no Cruz Alta, moderadamente no Paredão Vermelho e levemente no Saltinho; pela espessura, que é fino a médio no Cruz Alta, fino no Paredão Vermelho e espesso no Saltinho; e por ser mais contínuo no Saltinho.

B - Cutans agregado: diferem pelo grau de separação, que é moderadamente separado no Cruz Alta, fraca a moderadamente no Paredão Vermelho e levemente no Saltinho; e pelo modelo de orientação básica, que é fracamente orientada no Paredão Vermelho e moderadamente nos demais.

C - Cutans vazio normal: ausentes no Paredão Vermelho. Nos outros, diferem pelo modelo de orientação básica, que é moderadamente orientada no Cruz Alta e fracamente no Saltinho; e pelo grau de separação, que é moderadamente separado no Cruz Alta e levemente no Saltinho.

7.2.2,5 - Volume %: Cruz Alta - 28,90; Paredão Vermelho - 29,00; Saltinho - 39,40; os valores entre o Cruz Alta e o Paredão Vermelho são bem próximos.

7.2.3 - Grânulos: muito semelhantes, diferindo apenas por pequena variação na composição mineralógica e por certos grânulos de feldspatos, parcialmente decompostos, típicos do Cruz Alta. Quanto ao volume %, apresentam a seguinte variação: Cruz Alta - 53,30; Paredão Vermelho - 49,85; Saltinho - 48,00.

7.2.4 - Agregados: idênticos, tanto os micro, quanto os macrogrados.

7.2.5 - Húmus: idênticos.

7.2.6 - Microestrutura

7.2.6.1 - Microestrutura elementar: idênticas.

7.2.6.2 - Microestrutura de ordem maior: idênticas.

7.3 - ENTRE HORIZONTES SUPERIORES E INFERIORES (A_p, A_p, A_p) x (C_{III}, C, C)

7.3.1 - Vazios

7.3.1.1 - Vazios simples: idênticos.

7.3.1.2 - Vazios complexos: tendem a se tornarem mais regulares, nos horizontes inferiores.

7.3.1.3 - Cavidades: tendem a ocorrer, mais frequentemente, nos horizontes inferiores.

7.3.1.4 - Canais: semelhantes, mas nos canais dos horizontes inferiores nunca ocorrem raízes.

7.3.1.5 - Volume %: entre os horizontes superiores e inferiores do Cruz Alta e do Saltinho, a diferença é pequena: 16,15 a 17,80 e 14,15 a 12,60, respectivamente. No Paredão Vermelho a diferença é maior, 15,60 no superior a 21,15 no inferior.

7.3.2 - Plasma

7.3.2.1 - Características gerais: diferem pelo aspecto, que é mais do tipo floculado nos horizontes superiores e gelatinoso nos inferiores; pela coloração, que é mais heterogênea e tende a tons marrom e vermelho escuro nos horizontes superiores e a tons vermelho e amarelo nos inferiores; os horizontes inferiores são mais opacos e não contém húmus.

7.3.2.2 - Plasma pròpriamente dito: apresentam diferenças quanto aos modelos de distribuição e de orientação, e quanto ao grau de continuidade.

7.3.2.3 - Agregados de plasma: podem apresentar diferenças quanto aos modelos de distribuição, de orientação e de extinção, bem como quanto ao tamanho.

7.3.2.4 - Cutans: diferem pela ausência de pigmentos orgânicos nos cutans dos horizontes inferiores.

A - Cutans grânulo: podem diferir pelo modelo de orientação básica; pelo grau de continuidade, é mais contínuo nos horizontes inferiores; pela espessura; e pelo grau de separação.

B - Cutans agregado: apresentam pequenas diferenças quanto à espessura e ao grau de separação.

C - Cutans vazio normal: apresentam diferenças quanto ao modelo de orientação básica, espessura e grau de separação. Não ocorrem no horizonte inferior do Paredão Vermelho.

D - Cutans canal: ocorrem apenas no horizonte superior do Saltinho.

7.3.2.5 - Acúmulos de plasma: ocorrem apenas no horizonte superior do Saltinho.

7.3.2.6 - Agregados plasma-silte: ocorrem apenas no horizonte inferior do Saltinho.

7.3.2.7 - Volume %: observa-se que o volume % de plasma é sempre menor nos horizontes superiores: 20,15; 26,45; 34,70 do que nos inferiores: 28,90; 29,00; 39,40, respectivamente.

7.3.3 - Grânulos: muito semelhantes. Observa-se, entretanto, que o volume % de grânulos é sempre maior nos horizontes superiores: 63,70; 57,95; 51,15 do que nos inferiores: 53,30; 49,85; 48,00, respectivamente.

- 7.3.4 - Agregados: diferem, principalmente, pela microestrutura: os agregados dos horizontes superiores tendem mais ao tipo podsólido, enquanto, dos inferiores, ao chernozem. Apresentam, ainda, particularmente os macroagregados, pequenas diferenças quanto à forma e ao contôrno.
- 7.3.5 - Glêbulas: ocorrem apenas nos horizontes superiores do Cruz Alta e do Saltinho.
- 7.3.6 - Húmus: ocorre apenas nos horizontes superiores.
- 7.3.7 - Microestrutura
- 7.3.7.1 - Microestrutura elementar: muito semelhantes, diferindo, apenas em relação ao húmus.
- 7.3.7.2 - Microestrutura de ordem maior: nos horizontes superiores é sempre do tipo esponjosa, enquanto, nos inferiores, do tipo compacta.

8 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A Micropedologia, não obstante ter-se firmado na literatura internacional, em investigação de questões referentes a solos, não vem sendo aplicada em nosso meio. Embora outros setores da pedologia tenham se desenvolvido, não encontramos, na literatura nacional, nenhuma referência ao estudo de solos através de seções delgadas. A sua introdução constitui um dos principais objetivos do presente trabalho. Além disso, os resultados obtidos e a revisão bibliográfica, são suficientes para garantir continuidade à presente pesquisa.

Com relação ao método de obtenção de seções delgadas, a técnica recomendada por DALRYMPLE (1957), pela sua relativa simplicidade, quando comparada a outras técnicas, pelo seu baixo custo e, principalmente, pelo bom padrão das lâminas obtidas, revelou-se excelente. Ademais, as modificações introduzidas na técnica original (capítulo 3.2.3), podem fornecer real auxílio na sua aplicação.

O levantamento das percentagens dos principais constituintes do solo, executado por dois métodos diferentes, fornece resultados conclusivos. Nenhuma vantagem foi observada com relação ao emprêgo da platina integradora de Shand, o que confirma os resultados obtidos por CHAYES (1956) e por MANDARINO (1956), em Petrografia. Além de se tratar de processo mais demorado, não apresenta precisão maior que a ocular de integração. Esta, aplicada de maneira sistemática, permitiu a obtenção de dados, cuja distribuição normal, verificada através de teste X^2 , autoriza seu emprêgo em Micropedologia. Para efeito de tamanho de amostra, a análise dos resultados permite que se recomendem para precisão ao nível de $d = 0,1$ os números de pontos seguintes: 100 para grânulos, 90 para plasma e 60 para vazios.

Para todos os horizontes constataram-se vazios simples observáveis ao microscópio. Entretanto, dos caracteres morfológicos estudados, foram os únicos que se mostraram idênticos, não constituindo, portanto, caráter diferencial.

Do estudo comparativo entre horizontes superiores observou-se que não mostram variação os caracteres: canais, agregados e húmus, e apresentam o mesmo tipo de microestrutura. Observou-se, também, que os valores encontrados na determinação do volume % de vazios são praticamente idênticos. Por sua vez, os horizontes inferiores não mostram variação quanto aos agregados, e apresentam o mesmo tipo de microestrutura.

Observou-se que certos caracteres ocorrem, particularmente, em determinados horizontes. Dessa forma, o horizonte Ap do Cruz Alta é caracterizado pela presença de glébulas, que são distintas daquelas do horizonte Ap do Saltinho. Este último é caracterizado, ainda, pela ocorrência de cutans canal e de acúmulos de plasma. O horizonte C do Paredão Vermelho apresenta agregados de plasma bem maiores que os observados nos outros horizontes. Agregados plasma-silte, caráter observado pela primeira vez pelo autor e não mencionado na literatura, são típicos do horizonte C do Saltinho.

Outros caracteres, que ocorrem em mais de um horizonte, podem apresentar variação na quantidade, composição, etc., constituindo, dessa forma, caráter diferencial.

Certos caracteres mostraram variação sensível, com relação ao estudo comparativo entre horizontes superiores e inferiores. O exame das lâminas revelou que nos horizontes inferiores, vazios complexos apresentam configuração mais regular; cavidades ocorrem com maior frequência; canais não contém raízes; plasma apresenta coloração mais homogênea, é mais opaco e mais abundante; e grânulos são menos abundantes. Por outro lado, húmus e glébulas ocorrem apenas nos superiores. Além disso, horizontes superiores e inferiores apresentam, respectivamente, plasma com aspecto floculado e gelatinoso, agregados podsólico e chernozem, microestrutura de ordem maior esponjosa e compacta. Conclui-se, pois, que o conjunto dos caracteres dos horizontes superiores é diferente daquele dos inferiores.

Constatarem-se caracteres típicos para horizontes da mesma série de solo. Assim, o modelo de orientação básica apresentou variação na seguinte ordem: menos orientado no Paredão Vermelho, intermediário no Cruz Alta e mais orientado no Saltinho. Os modelos de distribuição relacionada e de extinção podem diferenciar o Saltinho dos outros solos estudados. Certos feldspatos caracterizam os horizontes do Cruz Alta. Outros caracteres, como configuração, graus de separação e de continuidade, forma, ocorrência, etc., podem individualizar, quando considerados em conjunto, as séries de solos mencionadas.

As observações sobre o plasma nos levaram a concluir que seu aspecto floculado, nos horizontes superiores, é devido a concentrações de húmus coloidal, enquanto sua coloração heterogênea é sinal de movimentos locais de agentes corantes. Observou-se também, que a proporção de plasma é sempre maior nos horizontes inferiores que nos superiores, o que constitui um indício da ocorrência de processos de iluviação. Além disso, a presença de cutans iluviais, apresentando grau de separação bem definido e certa orientação ótica, particularmente quando associados a superfícies de vazios normais e de canais (o último observado apenas no horizonte Ap do Saltinho), está diretamente relacionada à fenômenos de iluviação. Finalmente, constatou-se, em todas as lâminas estudadas, que os agregados de plasma são significativamente maiores daqueles mencionados na literatura.

Com referência a grânulos, a análise mineralógica, além de caracterizar horizontes e perfis, permite uma estimativa da reserva mineral do solo. Assim, os solos estudados caracterizam-se pela ausência de minerais máficos, fontes de nutrientes para plantas. Por outro lado, minerais primários, fontes de argilas, são representados por raros grânulos de feldspatos. Finalmente, os dados mineralógicos sugerem uma continuidade litológica entre os horizontes estudados.

Alguns caracteres são de particular interesse para problemas referentes a gênese de solos. Sob esse aspecto deve-se ressaltar o significado da análise mineralógica, anteriormente apresentada, de glêbulas e cutans.

As glêbulas, constatadas nos horizontes superiores do Cruz Alta e Saltinho, permitem, pela interpretação da sua gênese, concluir que se formaram através de concentrações de frações do plasma "in situ", durante o processo de formação do solo.

Os cutans, encontrados com pequenas variações em tôdas as lâminas, podem caracterizar horizontes e perfis e sua sistemática colaborar para o estudo de gênese. Nos solos estudados, os cutans podem ser classificados como iluviais. Esse tipo de cutans forma-se em consequência da movimentação lenta de material coloidal com a solução do solo, permitindo assim, sua deposição sôbre as superfícies dos constituintes do solo, junto aos quais adquirem suas características: são simples, orientados e com grau de separação bem determinado. Decorre, em consequência, que não são entidades estáticas e sua dinâmica pode ser estabelecida estudando-se o solo em diferentes épocas, sob diferentes condições físicas e químicas.

9. RESUMO

O principal objetivo d'êste trabalho é a introdução, no nosso meio, do estudo microscópico de solos.

Para atingir êsse objetivo, foram estudados, através de secções delgadas, horizontes extremos dos perfis modais de três séries de solos do município de Piracicaba. As secções delgadas foram obtidas de amostras dos horizontes impregnadas com goma "dammar", segundo a técnica recomendada por DALRYMPLE (1957), com algumas modificações propostas pelo autor.

São estudados, neste trabalho, os seguintes caracteres morfológicos: vazios, plasma, grânulos, agregados, glébulas, húmus e microestrutura. Alguns caracteres são ilustrados com microfotografias.

A utilização da ocular de integração permitiu determinar o volume percentual de grânulos, plasma e vazios. Êstes resultados são comprovados pelo cálculo do tamanho das amostras e pela aplicação de teste de distribuição normal.

Nas conclusões, o autor apresenta caracteres diferenciais entre horizontes e estuda a gênese de glébulas e de cutans, êste últimos relacionados com processos de iluviação. A importância da análise mineralógica é ressaltada através dos resultados obtidos e relacionados com caracterização e reserva mineral dos solos.

10. SUMMARY

The main objective of this work is to introduce in Brazil the microscopic technique to study soils.

To attain this objective, extreme horizons of modal profiles of three different soils occurring in Piracicaba are studied through thin sections. The thin sections were obtained from horizon samples impregnated with dammar gum, according to the technique recommended by DALRYMPLE (1957) and modifications introduced by the author.

In this work the following morphological characters are studied: voids, plasma, mineral grains, aggregates, glaebules, humus and fabric. Some characters are illustrated with microphotographs.

Use of ocular integrator is made to determine percentual volume of mineral grains, plasma and voids. These data are confirmed by the results of calculated sample sizes and by the test of normal distribution.

In conclusion differential characters of horizons are presented. Genesis of glaebules and of cutans are studied, and the latter related to the illuviation processes. The importance of mineralogical analysis is evident through the results obtained and related with characterization and mineral sources of the soils.

11 - BIBLIOGRAFIA

1. ALTMULLER, H.J. 1962. Improvement of the Impregnating, Hardening and Grinding Techniques for the Preparation of Thin Sections of Soil Samples with Vestopal. Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkunde, 99: 164-177.
2. BORCHERT, H. 1962. The Preparation of Thin Sections of Soils with the Fixation Medium Plexigun M 7466. Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkunde, 99: 159-164.
3. BOURDEAU, G.A. and BERGER, K.C. 1947. Thin Sections of Soils and Friable Materials Prepared by Impregnation with the Plastic "Castolite". Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12: 409-412.
4. BREWER, R. 1956. A Petrographic Study of two Soils in Relation to their Origin and Classification. J. Soil Sci. 7 (2): 268-279.
5. BREWER, R. 1960. Cutans: their Definition, Recognition and Interpretation. J. Soil Sci. 11 (2): 280-292.
6. BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York. John Wiley and Sons, Inc. 470 pp.
7. BREWER, R. and HALDANE, A.D. 1957. Preliminary Experiments in the Development of Clay Orientation in Soils. Soil Sci. 84 (4): 301-309.

8. BREWER, R. and SLEEMAN, J.R. 1960. Soil Structure and Fabric: their Definition and Description. J. Soil Sci. 11 (1): 172-185.
9. BREWER, R. and SLEEMAN, J.R. 1963. Pedotubules: their Definition, Classification and Interpretation. J. Soil Sci. 14 (1): 156-166.
10. BUOL, S.W. and FADNESS, D.M. 1961. New Method of Impregnating Fragile Material for Thin Sectioning. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25 (3): 253.
11. CHAYES, F. 1956. Petrographic Modal Analysis. New York, John Wiley and Sons. 113 pp.
12. DAIRYMPLE, J.B. 1957. Preparation of Thin Sections of Soils. J. Soil Sci. 8 (1): 161-165.
13. DAIRYMPLE, J.B. 1958. Application of Soil Micromorphology to Fossil Soils and Other Deposites from Archaeological Sites. J. Soil Sci. 9 (2): 199-209.
14. EMERSON, W.W. and DETTMAN, M.G. 1959. The Effect of Organic Matter on Crumb Structure. J. Soil Sci. 10 (2): 227-234.
15. FREI, E. and CLINE, M.G. 1949. Profile Studies of Normal Soils of New York: II. Micromorphological Studies of the Gray-Brown Podzolic-Brown Podzolic Soil Sequence. Soil Sci. 68 (4): 333-344.
16. GEYGER, E. 1962. On the Method of Micro-morphometric Soil Investigation. Z. Pflanzenernahr, Dung, Bodenkunde, 99: 118-129.
17. GROSSMAN, R.B., STEPHEN, I., FEHRENBACHER, J.B. and BEAVERS, A.H. 1959. Fragipan Soils of Illinois: III. Micromorphological Studies of Hosner Silt Loam. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23. (1): 73-75.

18. HEPPLÉ, S. and BURGESS, A. 1956. Sectioning of Soil. *Nature* 177 (4521): 1186.
19. JOHNSTON, J.R. and PETERSON, J.B. 1941. Microscopic Study of Soils from Five Great Soil Groups. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 6: 360-367.
20. KRAUSE, W. 1962. A Contribution to the Knowledge of the Vegetation on Sites of Serpentine of the Balcan 4. Micropreparates from Serpentine Soils from Greece. *Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkunde*, 99: 97-107.
21. KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. New York. Appleton - Century - Crofts, Inc. 549 pp.
22. KORINA, N.A. and FAUSTOVA, M.A. 1963. Microstructure of Glacial Deposits. *Soviet Soil Sci.* 9: 858-864.
23. KUBIENA, W.L. 1938. *Micropedology*. Ames, Iowa. Collegiate Press, Inc. 242 pp.
24. KUBIENA, W.L. 1952. *Claves Sistemáticas de Suelos*. Madrid, Talleres Graficos Montana. 388 pp.
25. KUBIENA, W.L. 1954. Sobre el Metodo de la Paleopedologia. *An. Edafol. Fisiol. Veg.* 8 (7-8): 1-21.
26. KUBIENA, W.L. 1962. Principle and Aims of the Micromorphological Soil Research and its Fields of Application. *Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkund*, 97: 193-205.
27. LAPEBER, D. and KURBANOVIC, M. 1965. Photographic Reproduction of Soil Fabric Patterns. *Nature* 208 (5010): 609-610.

28. LOW, A.J. 1954. The Study of Soil Structure in the Field and the Laboratory. *J. Soil Sci.* 5 (1): 57-74.
29. LUND, Z.F. and BEALS, H.O. 1965. A Technique for Making Thin Sections of Soil With Roots in Place. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29 (5): 633-635.
30. MACKENZIE, A.F. and DAWSON, J.E. 1961. The Preparation and Study of Thin Sections of Wet Organic Soils Materials. *J. Soil Sci.* 12 (1): 142-144.
31. MANDARINO, J.A. 1956. A New Technique for Micrometric Analysis of Thin Sections. *Am. Mineralogist* 41 (9-10): 786-789.
32. MCCRACKEN, R.J. and WEED, S.B. 1963. Pan Horizons in Southeastern Soils: Micromorphology and Associated Chemical, Mineralogical, and Physical Properties. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27 (3): 330-334.
33. McMILLAN, N.J. and MITCHELL, J. 1953. A Microscopic Study of Platy and Concretionary Structures in Certain Saskatchewan Soils. *Can. J. of Agr. Sci.* 33: 178-183.
34. MOROZOVA, T.D. 1963. Micromorphological Study of Buried Soils. *Soviet Soil Sci.* (9): 852-857.
35. MUNSSELL SOIL COLOR CHART 1954. Munsell Color Company, Inc. Baltimore. U.S.A.
36. OSMOND, D.A. 1955. Thin Sections of Soils. *Sci. Progress.* 43 (172): 693-696.
37. OSMOND, D.A. 1958. Micropedology. *Soils and Fertilizers.* 21 (1): 1-6.
38. OSMOND, D.A. and STEPHEN, I. 1957. The Micropedology of Some Red Soils from Cyprus. *J. Soil Sci.* 8 (1): 19-26.

39. PARFENAVA, E.I. and YARILOVA, E.A. 1958. Problems and Methods of Microscopic and Mineralogic Soil Investigations. Soviet Soil Sci. 12: 1331-1338.
40. PARFENOVA, E.I. and YARILOVA, E.A. 1962. Soil Micromorphology as a Method of Investigating Geochemical Landscapes. Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkund, 97: 265-273.
41. RANZANI, G. 1965. Manual de Levantamento de Solos. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 112 pp.
42. RANZANI, G., FREIRE, O. e KINJO, T. 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba (apostila). Piracicaba, ESALQ-USP, 85 pp.
43. ROGERS, A.F. and KERR, P.F. 1933. Thin Section Mineralogy. New York. McGraw-Hill Book Company. 311 pp.
44. ROMASHKEVICH, A.I. 1962. Microstructure and Microaggregation of Soils as Related to Sheet Erosion and the Formation of Alluvium. Soviet Soil Sci. 10: 1156-1161.
45. ROSS, CLARENCE S. 1924. A Method of Preparing Thin Sections of Friable Rock. Amer. J. of Sci. 7: 483-485.
46. SIDERI, D.I. 1938.a. On the Formation of Structure in Soil: IV. The Structure of Mixed Clay-Sand and Clay-Humus Formations. Soil Sci. 46: 129-137.
47. SIDERI, D.I. 1938.b. On the Formation of Structure in Soil: V. Granular Structure. Soil Sci. 46: 267-271.
48. SIDERI, D.I. 1938.c. On the Formation of Structure in Soil. VI. Method of Microscope Investigation of Soil Structure in Reflected Light. Soil Sci. 46: 337-349.
49. SMART, P. 1966. Optical Microscopy and Soil Structure. Nature. 210 (5043): 1400.

50. STEPHEN, I. 1960. Clay Orientation in Soils. *Sci. Progress.* 48
(190): 322-331.
51. TWENHOFEL, W.H. and TYLER, S.A. 1941. *Methods of Study of Sediments.*
New York, McGraw-Hill Book Company. 183 pp.
52. WELLS, C.B. 1962. Resin Impregnation of Soil Samples. *Nature.* 193
(4817): 804.
53. ZIMMERMANN, K. 1962. The Application of Standard Scales in Soil
Microphotography. *Z. Pflanzenernahr, Dung., Bodenkunde,* 99:
107-118.