GRANULOMETRIA E MINERALOGIA DE LATOSSOL ROXO DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA - SP

EVANDA MARIA RODRIGUES

Orientador: ARARY MARCONI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1979

À minha mãe
e irmãs

Aos meus filhos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Arary Marconi, pela orientação e apoio.

Ao Dr. José Luiz I. Demattê, pelo auxílio e sugestões.

Ao Dr. Clotário O. da Silveira, Chefe Adjunto Técnico, do SNLCS - EMBRAPA, pelo apoio e estímulo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade concedida e apoio financeiro.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Técnico e Científico - CNPq, pelo apoio financeiro.

Ao Dr. Antonio Carlos T. Mendes, pelo auxílio na parte experimental.

Ao Dr. Zilmar Ziller Marcos, pelo "Summary".

Ao Sr. Roberto Forti, pela confecção das lâminas.

Às Bibliotecárias e funcionários da Biblioteca - ESALQ, por sua colaboração.

Às Bibliotecárias e funcionários da Biblioteca - SNLCS, EMBRAPA, por sua ajuda.

Ao Sr. Antonio José Leite Ferraz, pelo trabalho datilográfico.

A todos que contribuíram, de uma forma ou de outra, para a execução deste trabalho.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
4. MATERIAL E MÉTODO	17
4.1. Material	17
4.1.1. Características gerais da área	17
4.1.2. Solos	18
4.1.3. Peneiras	23
4.1.4. Instrumental ótico	23
4.2. Método	24
4.2.1. Amostragem	24
4.2.2. Preparo das amostras	24
4.2.3. Separação do resíduo pesado e mon- tagem das lâminas	25
4.2.4. Análise granulométrica	26
4.2.5. Composição mineralógica	27
4.2.6. Arredondamento	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Análise granulométrica	29
5.1.1. Diâmetro médio (Mz)	29
5.1.2. Desvio padrão (σ_I)	30

5.1.3. Grau de assimetria (S_{KI})	31
5.1.4. Curtose (K_G)	32
5.1.5. Considerações gerais	32
5.2. Análise mineralógica	42
5.2.1. Minerais pesados opacos	42
5.2.2. Minerais pesados transparentes	45
5.3. Arredondamento	51
6. CONCLUSÕES	53
7. SUMMARY	55
8. LITERATURA CITADA	57

1. RESUMO

Os horizontes "B" de dois perfis de Latossol Roxo, situados no Município de Piracicaba, SP, foram selecionados com o fim de se estudar a fração areia através da composição mineralógica qualitativa e quantitativa dos minerais pesados transparentes; da frequência dos magnéticos; da análise granulométrica através dos parâmetros estatísticos; e do arredondamento da fração leve, com o objetivo de verificar a proveniência do material e a ocorrência de descontinuidades litológicas.

Os resultados evidenciam as seguintes conclusões: o latossol roxo estudado é constituído de material homogêneo, do ponto de vista granulométrico; a origem do material está na decomposição de rochas eruptivas básicas, e recebeu con

tribuição do arenito Botucatu na formação da fração areia; a única evidência de descontinuidade litológica resulta nos dados obtidos pelo comportamento dos minerais pesados transparentes; e se em estudos posteriores for confirmada essa descontinuidade, haverá correspondência do perfil P_2 com os horizontes inferiores do perfil P_1 ; os resultados não confirmam a presença de descontinuidade litológica indicada pela linha de pedras no perfil P_2 .

2. INTRODUÇÃO

Os solos mapeados pela CNPA (1960) como pertencentes ao grande grupo Latossol Roxo cobrem, no Estado de São Paulo, uma área de aproximadamente 35.000km², correspondendo a cerca de 15% da área do Estado. Localizam-se nas regiões de afloramento de rochas eruptivas básicas, formando manchas contínuas, entrecortadas por outras unidades de solos. A associação entre esses solos e as eruptivas básicas está a indicar que o material de origem desses solos sejam essas rochas. Diversos autores confirmam essa associação (CNPA, 1960; RANZANI et alii, 1966; MELFI et alii, 1966 e SOUZA, 1971).

No município de Piracicaba, esses solos constituem a série Iracema, latossolos profundos, associados à erup-

tivas básicas. RANZANI et alii (1966) situa a série Iracema como proveniente da alteração de basaltos vesiculares intensamente intemperizados.

A importância agronômica e econômica desses solos, levou diversos autores a estudar sua morfologia e gênese. Deve-se destacar, nesse particular, os trabalhos de ANDRADE (1971) e de FALCI (1972). Andrade, estudando a fração argila, verifica maior intemperização nesse solo do que em latossóis roxos de outras regiões e afirma que o solo origina-se de material sedimentar retrabalhado, apoiando-se, para essa afirmativa, na existência de uma linha de pedras, cortando o perfil; SOUZA (1971) confirma os resultados obtidos por Andrade, ao estudar um perfil de Latossol Roxo, no município de Iracemápolis, SP. Falci limita seu trabalho ao estudo da micromorfologia e relata a presença de cutans iluviais nos horizontes B.

Nenhum dos autores se preocupou com o estudo das frações grosseiras desse solo, a fim de constatar a derivação do material de origem e, assim, confirmar a afirmativa de ANDRADE (1971), sobre o retrabalhamento do material e a presença de descontinuidades litológicas, sugeridas pela presença de linha de pedras; portanto, é o que se procura verificar nesse trabalho através do estudo da fração areia, dos horizontes "B", de dois perfis de Latossol Roxo, representativos da referida série.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os minerais pesados, na fração areia, são reconhecidos como fonte de informação útil em solos há 75 anos. Assim, Steinriede (1899) parece ter sido um dos primeiros a separar minerais pesados em solos para identificação sob microscópio polarizante; o valor do estudo desses minerais como indicador do material de origem do solo, foi reconhecido por Delaje e Lagatu, em 1904; Dumont, em 1905, deu detalhes dos métodos para separação e preparação dos minerais pesados dos grãos de areia em solos (MITCHELL, in: GIESEKING, 1975).

Um dos primeiros estudos mineralógicos de solos, nos Estados Unidos, foi executado por McCaughey e Fry (1913), que deram detalhes dos métodos usados em estudo mineralógico de

sedimentos consolidados, e mostraram que esses métodos podiam ser aplicados em estudos de solos (HASEMAN e MARSHALL, 1945).

O valor da "técnica dos minerais pesados" como uma ajuda na identificação da proveniência de solos e do seu material de origem, tem sido reconhecido por muitos pesquisadores de solos como: Newlands (1923, 1925) e Hart (1929) entre outros (SEALE, 1956).

Rubey (1933) considera que a melhor maneira para se comparar amostras, seria o uso dos minerais pesados de todas as frações dos sedimentos, mas para isso é consumido muito tempo. Portanto sugere o exame de apenas duas frações (HASEMAN e MARSHALL, 1945).

Mohr (1933) tornou obrigatório o estudo mineralógico do solo devido a sua importância na fertilidade do solo (CAMARGO e VAGELER, 1937); os autores afirmam que a formação de muitos solos tropicais não seria compreensível sem o estudo e a análise de sua rocha matriz.

Carrol (1936) (in: HASEMAN e MARSHALL, 1945), em um estudo mineralógico de solos, no Oeste da Austrália, concluiu que:

- a característica do resíduo pesado de um solo dá uma indicação clara da natureza da rocha matriz;

- o valor diagnóstico estimado é encarecido pela quantidade total de minerais pesados, pela característica distintiva de uma espécie mineral e pela quantidade de material magnético;
- um estudo de minerais pesados de solo pode ser muito útil em mapeamento geológico.

Jeffries (1937) e Jeffries e White (1940) estariam entre os primeiros do seu país a estudar perfis de solo, em detalhes, do ponto de vista mineralógico; trabalhando em solos da Pensilvânia, demonstraram que variações nos minerais pesados podiam ser de útil ajuda na classificação de solos (MITCHELL, in: GIESEKING, 1975).

Com o desenvolvimento de métodos mineralógicos quantitativos, realizados principalmente pela equipe de Jackson, M.L., da Universidade de Wisconsin, Estados Unidos, ampliou-se o estudo mineralógico de solos (SUGUIO, 1973).

BUCKHANNAN e HAM (1941), através do estudo de minerais pesados procuraram solucionar problemas referentes a gênese de certos solos de Oklahoma, por intermédio do conhecimento do material de origem.

Marshall (1941) (in: EQUAB, 1972), recomendou a zirconita, turmalina, granada, anatásio ou rutilo como mine-

ral índice; outros pesquisadores incluíram o quartzo, albita, microclina na lista de Marshall. Posteriormente verificou-se que o chamado mineral resistente não está livre da ação do intemperismo.

A resistência dos minerais aos vários agentes do intemperismo pode diferir; uma espécie mineral que resiste à ação de um dos processos a uma certa profundidade, pode ser alterado por outros processos superficialmente. Heterogeneidade mineralógica, em um perfil, pode ser grande entre horizontes (CADY, 1960); reforçando esta afirmação HANSEMAN e MARSHALL (1945) mostram que minerais que são estáveis sob uma série de condições podem ser instáveis sob outras. A resistência das partículas minerais ao intemperismo físico é amplamente controlado pela sua dureza e clivagem; e a resistência dos minerais ao intemperismo químico depende do tamanho da partícula, estrutura cristalina, composição química e da composição e movimento da face líquida. São particularmente importantes a temperatura, o pH e o potencial de oxi-redução desse líquido (MITCHELL, in: GIESEKING, 1975); os minerais pesados podem ser alterados profundamente, quando existem condições e tempo suficiente para tal, contudo essa alteração resultará mas como efeito de superfície, que de subsuperfície (VAN ANDEL, 1959); RAESIDE (1959) fazendo um estudo dos minerais índices em solos observou que para um mineral ser aceito como estável em estudos de solos, deveria mostrar que sob condições locais ele seria resistente à:

- desagregação mecânica através de fendas ao longo dos planos de clivagem, ou por uma outra razão;
- o não crescimento antígeno;
- intemperismo químico através de soluções, no caso dos óxidos, e decomposição dos silicatos, no caso dos minerais secundários.

CADY (in: BLACK et alii, 1965) advertiu que listas de minerais arranjados segundo sua ordem de resistências são dados em muitas publicações mas, como todas as generalizações, elas devem ser usadas com cuidado.

Segundo JEFFRIES e JACKSON (1949) um fator que impede o estudo petrográfico detalhado de solos, é a presença de óxido de ferro livre e a matéria orgânica, que podem funcionar como agente cimentante e capeador das partículas no solo; KUNZE (in: BLACK et alii, 1965) faz referência da necessidade da remoção da matéria orgânica em análises mineralógicas e também a remoção dos óxidos de ferro livre. O autor observa, ainda, que as propriedades óticas com o microscópio polarizante são grandemente facilitadas, quando as partículas estão limpas ou livres de capeamento. E acrescenta: amostras contendo ferro, como os Latossóis, são geralmente muito difíceis de dispersar, a menos que os óxidos de ferro sejam removidos. E para separação de minerais pesados satisfatória, não seriam admi-

das partículas capeadas com ferro. JACKSON (1956) cita que, para separação da areia, do silte e da argila (análise granulométrica), há necessidade de todos os tratamentos propostos. E na separação dos minerais pesados da fração grosseira, os grãos, para serem efetivamente separados por líquidos pesados, devem estar limpos; a matéria orgânica pode impedir o perfeito contato dos grãos com o líquido pesado e causar o agrupamento dos mesmos. Assim, capeamentos mais leves que o líquido pesado podem favorecer a flutuação de grãos pesados, enquanto que capeamento de óxidos de ferro podem aumentar a densidade dos grãos, fazendo com que, embora leves, afundem no líquido pesado.

Os minerais são frequentemente classificados em dois grupos baseados em seu peso específico. Os chamados minerais leves estão incluídos naqueles com uma densidade menor que 2,85 enquanto que os minerais pesados tem uma densidade maior. Esses minerais geralmente compõem em torno de 98% do sedimento, no entanto, os minerais pesados constituem apenas cerca de 2% da amostra (HASEMAN e MARSHALL, 1945).

A origem e a composição do material de origem está diretamente relacionada com a composição mineralógica do solo. Uma classe de material de origem mais amplamente distribuída nas regiões tropicais e temperadas quentes, é produzida pelo intemperismo de rochas ígneas ou metamórficas (CADY, 1960). Segundo VAN ANDEL (1959) os quatro principais fatores

que podem modificar a composição mineral são:

- intemperismo na área de origem e na bacia de deposição;
- destruição mecânica durante o transporte;
- distribuição seletiva dos minerais de acordo com o tamanho e a densidade;
- e a decomposição química após a deposição;
- um quinto fator seria o erro associado com os procedimentos de amostragem e análise porém, segundo o autor, não precisaria ser considerado.

Simples grãos do tamanho de areia e silte, podem ser identificados e descritos pelo exame sob um microscópio petrográfico. Conhecimento da natureza e condição dos minerais nessas frações fornecem informações sobre a fonte do material de origem, da presença de descontinuidades litológicas e do grau de intemperismo do solo (CADY, in: BLACK, 1965). Fazendo considerações sobre a seleção de amostras, o autor diz que essa depende do objetivo da análise e que para muitos trabalhos, como estudos de descontinuidades ou estimação do grau de intemperismo em diferentes horizontes, geralmente seleciona-se uma ou duas classes de tamanho que representaria uma percen

tagem pesada relativamente grande do solo.

Geralmente consideramos a zirconita e a turmalina como estáveis, e não são referenciadas como atacadas por ácidos ou bases; entretanto, Druif trabalhando em solos de Sumatra indica o contrário, pois concluiu que todos os minerais se dissolvem quimicamente em solos sob condições tropicais (HASEMAN e MARSHALL, 1945).

A zirconita, como mineral detrítico, tem uma ampla distribuição através de todas as idades geológicas; é um dos minerais "comuns" por sua frequência e abundância, considerado como "universal" por sua presença constante, devido em grande parte a sua estabilidade; porém, quando tem lugar a substituição do íon Zr por elementos radioativos, perde-se a estabilidade que causa a fraqueza da união entre o Zr e o SiO_4 , manifestando a facilidade ao ataque erosivo (MATEOS, 1965).

Sedimentos resultantes do retrabalhamento de rochas sedimentares anteriores tendem a apresentar grãos de minerais pesados mais estáveis, tais como turmalina e zirconita. Tais feições indicam retrabalhamento e eliminação de compostos menos estáveis (SUGUIO, 1973).

SETZER (1941 e 1949) mostrou que a presença de grãos pretos e brilhantes de magnetita ou ilmenita, e a ausên-

cia de grânulos de quartzo no latossol roxo o diferenciava, no campo, da terra roxa estruturada que sempre apresentava grânulos de quartzo, cobertos por uma fina película de argila arroxeada. O autor, fazendo considerações sobre o latossol roxo, verificou que os grânulos de quartzo, nesse solo, geralmente não provinham de sua rocha matriz que raramente continha quartzo, mas por transporte de camadas do arenito Botucatu. No en tanto, se a rocha matriz, do referido solo, fosse um meláfiro calcífero, não era excluído que algumas das suas raras amídalas pudessem conter calcedônia ou quartzo, em lugar de calcita, fornecendo, assim, ao solo os raros grânulos de areia branca ou avermelhada. GUTMANS (1943) contrariando a afirmação de VAGELER afirmou que, no Estado de São Paulo, existiam duas variedades importantes de diabásios: com quartzo e sem quartzo, e que a presença de quartzo mesmo em pequena quantidade podia existir no latossol roxo e autóctone.

Segundo PAIVA NETO et alii (1951) o latossol roxo proveniente de rochas diabásicas, pode ser subdividido na seguinte:

- provenientes de produtos de decomposição antiga do magma diabásico;
- proveniente de produtos de decomposição procedente do intemperismo da época atual.

Os autores, tecendo considerações sobre esse mesmo solo, revelam que, praticamente, não existem mais minerais da "rocha matriz", a não ser: quartzo em pequena percentagem (1 a 6%); ilmenita e magnetita, que as consira de provável formação secundária.

De acordo com a CNEPA (1960) os latossóis roxos são caracterizados pela cor arroxeada e pela alta friabilidade que apresentam ao longo do perfil; quanto ao conceito geral da unidade são considerados como solos profundos, argilosos, bem drenados, formados a partir de rochas eruptivas básicas; em referência aos dados analíticos, essa unidade não é homogênea, pois os perfis se assemelham mas apresentam variações. Essa mesma Comissão apresenta alguns solos semelhantes ao latossol roxo, com os descritos por Cline (1955) no Havaí, os "Humic Ferruginous Latossol"; os "Sols - Brum - Rouge e Rouge formados sobre basalto antigo", mencionados por Bachelier (1957); os "Krasnozems" e os "Lateritic Krasnozems"; os "Kraznozems" originados de basalto, descritos por Stephens e Hilton (1954); e os "Nipe clay", em Cuba, Porto Rico e Havaí, citados por Byears et alii (1938) e Bennet e Allison (1928).

ALMEIDA (1964) fazendo uma explanação sobre o grupo São Bento mostrou que, em São Paulo, esse grupo constituía-se de uma alternância de membros sedimentares predominantemente arenosos, e derrames basálticos, em sucessões variá-

veis, associando-se-lhes corpos diabásicos intrusivos, relacionados com os processos vulcânicos.

AMARAL (1971) visando diferenciar o solo do Irati daquele proveniente do diabásio, por serem muito semelhantes, analisou o resíduo pesado, sob microscópio petrográfico e constatou, em ambos, a presença de magnetita de aspecto secundário, pelo formato globular, motivo pelo qual não foi possível a distinção entre um e outro solo pela sua presença, o que para o autor não apresentava novidade a presença desse mineral em rochas calcáreas. E acrescenta que Friedman (1954) interpretou a existência de magnetita secundária nos calcários do Carbonífero Inferior de Ohio, como sendo devido a um processo antígeno; MARCOS (1971) constatou a presença de grãos escuros e brilhantes, muito magnéticos na fração areia da série Iracema (LR) como sendo indicativo da contribuição relativamente extensa do resíduo do basalto para os materiais superficiais.

MEZZALIRA (1965) fazendo o levantamento geológico da região de Piracicaba, SP, encontra dificuldades para separar o material intemperizado resultante da formação Irati e dos corpos intrusivos de diabásio, uma vez que ambos produzem semelhantemente, "solos areno-argilosos avermelhados". Adotou como critério de separação, o teor de magnetita e ilmenita; quando elevado, atribuiu o material à eruptivas básicas e quando baixo ou ausente à formação Irati.

Estudos efetuados em Latossol Roxo, série Iracema, têm mostrado a presença de descontinuidade litológica, e que esta nem sempre está associado à linha de pedras, LOBO (1971); SOUZA (1971) e ANDRADE (1971).

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. Material

4.1.1. Características gerais da área

O latossol roxo em estudo localiza-se, de acordo com a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (ALMEIDA, 1964), na região da Depressão Periférica, dentro do município de Piracicaba (fig. 1).

Geologicamente, a área é entrecortada por diversas formações com destaque local para os folhelhos da formação Iratí, intercalados horizontalmente por sills e diques de compostos de diabásio. Nas posições inferiores, afloram os sil-titos e folhelhos do grupo Tubarão e nas posições mais eleva-

das, já próximas da cidade de Piracicaba, ocorrem os arenitos da formação Botucatu (MEZZALIRA, 1965).

4.1.2. Solos

Particularmente para esse estudo foram selecionados apenas os horizontes "B", uma vez que o horizonte "A" resume-se ao Ap, com aproximadamente, 20cm de espessura e grandemente modificado por trabalhos agrícolas. Os perfís, designados P_1 e P_2 , são classificados como Latossol Roxo (ANDRADE, 1971) e pertencem à série Iracema (RANZANI et alii, 1966); estão situados (fig. 2) a 12 quilômetros da cidade de Piracicaba, e a 2 quilômetros da margem direita da rodovia que a liga a Santa Bárbara d'Oeste; relevo ondulado e cobertura vegetal com cana-de-açúcar.

A coleta de amostras e as descrições morfológicas foram feitas em trincheiras. São solos profundos, argilosos, bem drenados, possuindo horizonte de subsuperfície latossólico. O perfil P_1 situa-se na parte mais elevada da área com 588m de altitude e 2% de declive, e o perfil P_2 numa situação de meia encosta, com 570m de altitude e 6% de declive.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL P₁

- A_p 0 - 25cm ; vermelho ferrugem (10 R 3/3); argila; granular, e blocos, média, moderado e forte; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; raízes abundantes; transição abrupta e plana.
- B₂₁ 25 - 47cm ; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; granular, e blocos, média, moderado; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; cerosidade (?) pouco; raízes poucas; transição gradual.
- B₂₂ 47 - 102cm ; pardo-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; blocos, média, fraco; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes poucas; transição gradual.
- B₂₃ 102 - 217cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); argila; maciça, muito porosa, rompendo-se em granular e blocos, pequeno, fraco; macio; muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B₂₄ 217 - 259cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); argila; amostra coletada com o trado.

- B₂₅ 259 - 328cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; camada de agregados; amostra coletada com o trado.
- B₂₆ 328 - 436cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); argila; amostra coletada com o trado.
- B₃₁ 436 - 560cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); argila; amostra coletada com o trado; poucos fragmentos de rocha, pardo amarelado (10 YR 5/6).
- B₃₂ 560 - 600cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); amostra coletada com trado, poucos fragmentos de rocha.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL P₂

- Ap 0 - 22cm ; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/6); argila; blocos, média, moderado; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana; raízes fasciculadas abundantes.
- B₂₁ 22 - 72cm ; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); argila; blocos, média e grande, moderado e forte; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; raízes comuns; transição clara e gradual.
- B₂₂ 72 - 140cm ; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila, blocos, média, fraco; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes poucas; transição clara e gradual.
- B₂₃ 140 - 310cm ; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; maciça, muito porosa, rompendo-se em granular e blocos, pequena, fraca; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; presença de linha de pedras.
- B₂₄ 310 - 347cm ; amostra coletada com o trado; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila.

II B₃ 352 - 396 cm ; amostra coletada com trado; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4).

II Csg 396 - 417 cm; amostra coletada com trado; pardo avermelhado (2,5 YR 4/4), gleizado de coloração (N₅) e amarelo pardacento (10 YR 6/6).

4.1.3. Peneiras

A fração areia foi separada das demais frações por peneiramento, usando-se um tãmes de nº 270, malha 53µ. Essa fração areia total retida nessa peneira, foi subdividida por meio de peneiras de números 18, 35, 60 e 140, de malhas 1.000µ, 500µ, 250µ e 105µ, respectivamente.

4.1.4. Instrumental Ótico

Na análise mineralógica e na avaliação do arredondamento, foi utilizado microscópio de polarização E. Leitz, modelo Dialux - Poll.

4.2. Método

4.2.1. Amostragem

De cada perfil, retirou-se amostras de TFSA, para análise mecânica e, para cada operação, pesou-se dez gramas de solo, correspondente a cada horizonte do perfil, que foram utilizados, após tratamento prévio, no estudo granulométrico e mineralógico.

4.2.2. Preparo das amostras

JEFFRIES e JACKSON (1949), afirmam que o sucesso da análise de solos, depende em grande parte no modo pelo qual a amostra é tratada antes da análise.

A metodologia empregada na preparação das amostras, para análise mineralógica, foi a seguinte:

1 - Os sais solúveis e cátions divalentes trocáveis, foram removidos através de lavagem, com uma solução normal de acetato de sódio acidificada para um pH 5,0, por adição de ácido acético glacial, segundo o processo indicado por JACKSON (1956), citado por MENDES (1970a).

2 - Efetuou-se a eliminação da matéria orgânica e MnO_2 ,

por tratamento com peróxido de hidrogênio a 30%, em meio ligeiramente ácido, à frio e em banho - maria, de acordo com MENDES (1970a).

3 - Procedeu-se a eliminação dos óxidos de ferro livres pelo tratamento com citrato - ditionito de sódio, recomendado por HOLMGREN (1967), citado por MENDES (1970b), tantas vezes quantas as necessárias para obter-se um sobrenadante claro.

4 - Finalmente, as amostras foram dispersas com adição de carbonato de sódio, como indicado por JACKSON (1956).

4.2.3. Separação do resíduo pesado e montagem das lâminas

Para a separação do resíduo pesado foi escolhida a fração areia muito fina, por ser esta a fração mais fina, justaposta à dominante (BREWER, 1964).

Os minerais pesados foram separados por meio de tetrabromoetano ($d = 2,9$) e após essa primeira fase, efetuou-se a separação dos minerais magnéticos por meio de ímã; a seguir, procedeu-se a pesagem dos respectivos resíduos e montagem de lâminas permanentes, com lakeside, dos minerais pesados não magnéticos.

4.2.4.1 Análise granulométrica

No estudo dos parâmetros estatísticos, foi utilizado apenas a fração areia, desprezando-se as frações mais finas, em face de sua mobilidade no perfil, o que pode levar a resultados enganosos.

Os testes da fração areia foram recalculados a 100%, e as curvas de frequência acumulada, necessárias aos cálculos estatísticos, construídas em papel de probabilidade aritmética, utilizando-se escala ϕ (FOLK e WARD, 1957).

Com os dados extraídos da curva de frequência acumulada, foram determinados os parâmetros estatísticos propostos por FOLK e WARD (1957) e que permitem os horizontes e os próprios perfis sejam comparados com grande precisão.

a) Diâmetro médio (M_z) dado pela expressão:

$$M_z = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

onde,

$\phi 16$, $\phi 50$ e $\phi 84$ representam os valores de granulação correspondentes a 16, 50 e 84% da distribuição sobre o gráfico de frequência acumulada.

b) Desvio padrão (σI) dado pela expressão:

$$\sigma I = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

c) Grau de assimetria dado pela expressão:

$$SK_I = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2 \phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2 \phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

d) Curtose dada pela expressão:

$$K_G = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2,44(\phi 75 - \phi 25)}$$

4.2.5. Composição mineralógica

O estudo quantitativo e qualitativo dos minerais pesados transparentes foi determinado microscopicamente através da contagem em linha, no sentido horizontal e vertical, em todas as lâminas dos perfis estudados. A contagem abrangeu a totalidade dos minerais existentes na lâmina.

4.2.6. Arredondamento

O grau de arredondamento, dos minerais da fração leve, foi obtido por comparação visual (KRUMBEIN, 1941) dos grânulos montados em lâminas com lakeside; foram examina-

dos 100 grânulos de cada lâmina. MARCONI et alii (1970) fazendo uso desse método, concluem que o estudo de 25 grânulos é suficiente; SUGUIO (1973) mostra que geralmente os valores médios baseados em 50 ou mais partículas tendem a ser representativos porque os erros de estimação são plenamente recompensados; esse autor e outros (1974), tecendo considerações sobre esse método, afirmam que ele permite estudar um grande número de partículas tornando a determinação mais padronizada e, portanto, mais significativa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise granulométrica

A análise estatística da fração areia está baseada nos resultados da tabela 1. Segundo ALTAFIN (1977), "acredita-se que amostras de grânulos da fração areia podem dar uma idéia mais aproximada do sedimento original e da uniformidade dos diferentes horizontes, no que diz respeito à sua curva granulométrica".

5.1.1. Diâmetro médio (Mz)

O diâmetro médio é a medida de tendência central que melhor reflete a média geral do tamanho das partículas de

um sedimento, sendo afetado por fatores como o tamanho dos grãos na rocha de origem e as condições de transporte (SUGUIO, 1973).

No caso presente, ambos os perfis mostram uniformidade de diâmetro médio, com valores variando pouco, em torno de 2,8 a 3,0 ϕ (tabela 2). Observa-se uma leve tendência de o perfil P_1 ser mais fino que o P_2 , todavia, os valores não são suficientemente afastados para representarem diferenças granulométricas entre os perfis.

5.1.2. Desvio padrão (σ_I)

Enquanto que o diâmetro médio reflete a localização do ponto central da distribuição, o desvio padrão mostra como é a dispersão dos dados em torno do valor central. Duas distribuições diferentes podem apresentar o mesmo diâmetro médio, sem que o fato reflita o espalhamento dos dados em torno da média. Esse espalhamento é medido pelo desvio padrão, de modo que, quanto menor for o valor do desvio padrão, melhor será o selecionamento do material, ou seja, menor será a dispersão dos dados em relação à média.

Os valores obtidos para o desvio padrão (tabela 2) mostram os dois perfis constituídos de material moderadamente selecionado, tendendo a pobremente selecionado, mostrando uma dispersão relativamente grande em torno da média. O perfil P_2 mostra-se mais uniforme que o P_1 , com pequenas varia

ções entre os horizontes. No P_1 , o selecionamento do material aumenta com a profundidade, pois enquanto os horizontes superiores aproximam-se de pobremente selecionados, os inferiores tendem a um bom selecionamento. Observa-se, também, nesse perfil, alguma diferença entre os valores de desvio padrão dos horizontes B_2 e dos B_3 .

5.1.3. Grau de assimetria (S_{KI})

O grau de assimetria mede a tendência que os dados apresentam de se dispersarem de um lado ou de outro da média, o que é indicado pelo afastamento do diâmetro médio em relação à mediana. Para curvas de distribuição normal, onde o diâmetro médio coincide com a mediana, o valor de $S_{KI} = 0,0$. Valores negativos de S_{KI} indicam a existência da cauda da curva granulométrica voltada para o lado mais grosseiro da distribuição e o inverso acontece para valores positivos de S_{KI} .

Em todos os horizontes, dos dois perfis, os valores de S_{KI} são negativos (tabela 2), mostrando a existência de uma cauda na curva, voltada para o lado mais grosseiro da distribuição. Esses valores indicam uma assimetria muito negativa, o que era esperado, em face dos resultados observados para o diâmetro médio. Curvas de assimetria negativa tendem a deslocar o diâmetro médio para as partes mais finas do sedimento. Essa assimetria é constatada nos histogramas das figuras 7 e 8.

5.1.4. Curtose (K_G)

A curtose mede a relação existente entre a dispersão na parte central da curva e a dispersão nas extremidades. Para curvas de distribuição normal, a curtose é igual a 1,0. Valores inferiores a 1 mostram maior dispersão dos dados, provocando o achatamento das curvas e valores superiores a 1 indicam melhor selecionamento na parte central da distribuição, originando curvas mais agudas.

No perfil P_1 , todos os horizontes tem valores de K_G superiores a 1,0, indicando uma tendência de melhor selecionamento na parte central da distribuição. Os três primeiros horizontes apresentam curvas mesocúrticas, com valores de K_G próximos da normalidade. Os demais horizontes mostram curvas leptocúrticas, o que indica serem os horizontes de material melhor selecionado.

O perfil P_2 é mais uniforme, com relação à curtose. Apenas o horizonte B_{21} mostra K_G inferior a 1, indicando maior espalhamento nas extremidades da curva granulométrica. Todos os horizontes mostram curvas mesocúrticas, com valores de K_G próximos da normalidade.

5.1.5. Considerações gerais

Os resultados da análise granulométrica (tabe-

las 1 e 2) mostram o latossol roxo estudado, como um solo de granulação uniforme em todos os horizontes. As curvas de frequência acumulada (figuras 3, 4, 5 e 6) e os histogramas (figuras 7 e 8) confirmam essa afirmativa. Observa-se uma tendência de o perfil P_2 , situado em posição mais baixa da catena mostrar granulação levemente mais grosseira que o P_1 , sem que, entretanto, seja um resultado significativo. De um modo geral, o P_2 mostra-se mais uniforme que o P_1 .

A existência de descontinuidade litológicas ao longo dos perfis não é confirmada pelos resultados da análise granulométrica. Uma indicação da existência possível de descontinuidade pode ser encontrada nos valores de desvio padrão, para o perfil P_1 , entre os horizontes B_2 e B_3 , sem que, entretanto, seja um dado conclusivo.

Tabela 1. Resultados da análise granulométrica dos perfis P_1 e P_2

Hori- zonte	Profun- didade	A r e i a (%)				
		muito grossa	grossa	média	fina	muito fina
Perfil P ₁ - Latossol Roxo						
B ₂₁	22 - 47	1,24	6,17	12,36	45,66	34,57
B ₂₂	47 - 102	0,19	3,83	10,92	48,77	36,29
B ₂₃	102 - 217	0,74	3,36	10,19	49,93	35,77
B ₂₄	217 - 259	1,13	3,91	8,44	43,66	42,85
B ₂₅	259 - 328	0,00	3,08	8,25	48,25	40,43
B ₂₆	328 - 436	1,77	3,04	7,63	46,12	41,43
B ₃₁	436 - 560	0,42	2,52	7,98	46,99	42,08
B ₃₂	560 - 600	0,45	2,44	8,05	43,51	45,56
Perfil P ₂ - Latossol Roxo						
B ₂₁	22 - 72	0,45	5,21	13,29	50,69	30,36
B ₂₂	72 - 140	0,68	4,68	12,58	50,15	31,91
B ₂₃	140 - 310	0,78	5,07	13,18	48,66	32,31
B ₂₄	310 - 347	0,55	4,07	11,36	47,62	36,39
B ₃	347 - 396	1,14	4,69	10,65	46,89	36,63

Tabela 2. Valores dos parâmetros estatísticos, calculados segundo FOLK e WARD (1957), utilizando a escala ϕ

Horizontes	Média Mz	Grau de seleção σ_I	Grau de assimetria S_{KI}	Curtose K _G
Perfil P ₁ - Latossol Roxo				
B ₂₁	2,81	0,96	-0,30	1,01
B ₂₂	2,93	0,83	-0,32	1,04
B ₂₃	2,93	0,82	-0,33	1,09
B ₂₄	3,05	0,85	-0,40	1,14
B ₂₅	3,06	0,73	-0,42	1,28
B ₂₆	3,03	0,82	-0,40	1,22
B ₃₁	3,07	0,68	-0,50	1,30
B ₃₂	3,08	0,68	-0,48	1,29
Perfil P ₂ - Latossol Roxo				
B ₂₁	2,80	0,89	-0,34	0,96
B ₂₂	2,81	0,85	-0,33	1,03
B ₂₃	2,77	0,89	-0,31	1,04
B ₂₄	2,91	0,85	-0,35	1,03
B ₃	2,91	0,89	-0,40	1,09

Fig. 3. Curvas acumulativas granulométricas dos horizontes B_{21} , B_{22} , B_{23} e B_{24} do perfil P_1 (LR).

Fig. 4. Curvas acumulativas granulométricas dos horizontes B₂₅, B₂₆, B₃₁ e B₃₂ do perfil P₁ (LR).

Fig. 5. Curvas acumulativas granulométricas dos horizontes B_{21} , B_{22} e B_{23} do perfil P_2 (LR).

Fig. 6. Curvas acumulativas granulométricas dos horizontes B_{24} e B_3 do perfil P_2 (LR).

Fig. 7. Histogramas de distribuição granulométrica do perfil P_1 (LR).

Fig. 8. Histogramas de distribuição granulométrica do perfil P_2 (LR).

5.2. Análise Mineralógica

5.2.1. Minerais pesados opacos

Entre os minerais opacos, apenas a magnetita foi identificada por separação magnética. É o mineral pesado predominante em ambos os perfis, constituindo, sempre, mais da metade dos minerais pesados. A tabela 3 e a figura 9 permitem observar uma diferença significativa entre os perfis: no perfil P_1 o teor de magnetita está acima de 90%, ao contrário do P_2 , onde o teor máximo situa-se abaixo de 75%, chegando a menos de 60% no horizonte B_{21} .

De acordo com MEZZALIRA (1965), teores elevados de magnetita, encontrados em latossóis da região, indicam material proveniente da decomposição de diabásio, enquanto que a ausência desse mineral indica material resultante da formação Iratí. Os elevados teores de magnetita, encontrados nos perfis estudados, indicam, nesse caso, a proveniência de material resultante das rochas básicas da região. O teor, mais baixo, de magnetita encontrado no perfil P_2 , situado em posição inferior na catena pode ser atribuído a uma possível interferência do Iratí, no material de origem, o que não ocorre no P_1 , situado na parte mais elevada da catena.

Os valores encontrados para o P_1 concordam com os encontrados por MELFI et alii (1966), em estudos de solos

derivados de eruptivas básicas, na região de Campinas, SP. Entretanto, não ocorre a mesma concordância para o P_2 , o que sugere, pois, a contaminação do material desse perfil, com material de rochas de outra formação.

Tabela 3. Porcentagem de minerais pesados magnéticos da subfração areia muito fina nos perfis P_1 e P_2

Horizonte	Profundidade	Fração pesada
		Magnéticos (%)
Perfil P ₁ - Latossol Roxo		
B ₂₁	22 - 47	94,8
B ₂₂	47 - 102	97,0
B ₂₃	102 - 217	95,0
B ₂₄	217 - 259	96,3
B ₂₅	259 - 328	95,0
B ₂₆	328 - 436	95,2
B ₃₁	436 - 560	94,5
B ₃₂	560 - 600	86,6
Perfil P ₂ - Latossol Roxo		
B ₂₁	22 - 72	57,5
B ₂₂	72 - 140	62,5
B ₂₃	140 - 310	67,0
B ₂₄	310 - 347	72,8
B ₃	347 - 396	70,5

Fig. 9. Porcentagem de minerais pesados magnéticos dos perfis P_1 (LR) e P_2 (LR)

5.2.2. Minerais pesados transparentes

Na tabela 4, encontram-se os dados de análise mineralógica dos minerais pesados transparentes, dos horizontes "B", dos dois perfis.

Em todos os horizontes estudados verificou-se a presença de zirconita em proporção dominante, e de turmalina e rutilo em pequena quantidade. A turmalina apresentou-se geralmente arredondada, enquanto a zirconita e o rutilo sob diversas formas.

Os resultados do perfil P_1 mostram que a distribuição da zirconita não é uniforme; no horizonte B_{22} apresenta o seu valor máximo que vai decrescendo até o horizonte B_{25} ; nos horizontes inferiores esses valores aumentam. No perfil P_2 sua distribuição é relativamente uniforme; seu valor máximo situa-se no horizonte B_{21} e decresce nos horizontes inferiores.

A turmalina, no perfil P_1 , também não apresenta homogeneidade; os seus teores mais elevados situam-se na posição intermediária dos horizontes "B", e decresce nos horizontes inferiores. Sua distribuição, no perfil P_2 , mostra-se, entretanto, uniforme apresentando o seu valor máximo no horizonte B_{21} e o mínimo no horizonte B_{24} .

O rutilo, em comparação com a turmalina, mostra uma frequência menor que esta no perfil P_1 , acontecendo o in-

verso no perfil P_2 . Apresenta-se desuniforme no perfil P_1 ; com valor mínimo no horizonte B_{26} apresentando seu valor máximo no horizonte B_{31} , que se situa imediatamente abaixo. No perfil P_2 sua distribuição é mais uniforme crescendo continuamente no horizonte B_{21} ao B_{24} , onde alcança o seu teor máximo.

Da interpretação da figura 10, que mostra a porcentagem dos minerais pesados transparentes, nota-se que não existe uma distribuição homogênea, desses minerais, no perfil P_1 . A turmalina mostra antipatia em relação à zirconita, o que é observado até o horizonte B_{26} ; seguindo-se, nos horizontes abaixo, uma distribuição relativamente uniforme desse mineral. O inverso, entretanto, ocorre com o rutilo que se mostra homogêneo até o referido horizonte; observando-se, a partir daí, nos horizontes inferiores uma antipatia com a zirconita, em substituição à turmalina.

No perfil P_2 o rutilo apresenta antipatia com a zirconita, enquanto a turmalina mostra um comportamento relativamente uniforme, o que concorda com o observado nos horizontes inferiores do P_1 . Esse comportamento parece indicar a existência de uma descontinuidade litológica no perfil P_1 , entre os horizontes B_{26} e B_{31} , que não existe no P_2 . Nesse caso, há uma correspondência entre o material de origem do P_2 e o dos horizontes inferiores do P_1 , o que seria possível, em face das posições dos dois perfis na catena.

A figura 12 mostra as relações entre zirconita, turmalina e rutilo, onde se pode observar a maior homogeneidade dos horizontes do P_2 , em contraste com a maior dispersão dos horizontes do P_1 . Nota-se, claramente, que o horizonte B_{31} , do perfil P_1 , afina-se mais com o perfil P_2 , que com os demais horizontes do seu perfil.

Zirconita e turmalina são minerais de rochas ígneas ácidas e sua ocorrência nesse solo está em desacordo com a origem do material constituinte, eruptivas básicas. As características observadas nesses minerais concordam com as observadas por MARCONI (1973 e 1974) em solos da região, resultantes de material do arenito Botucatu. A situação de superposição que essa formação apresenta, nessa região, e a pequena quantidade daqueles minerais, estão a indicar que o material de origem dos solos estudados sofreu contaminação de material provenientes daquela formação.

Tabela 4. Porcentagem dos minerais pesados transparentes da subfração areia muito fina dos perfís P_1 e P_2

Horizonte	Profundidade	Minerais pesados transparentes (%)		
		Zirconita	Turmalina	Rutilo
Perfil P ₁ - Latossol Roxo				
B ₂₁	22 - 47	88,9	10,4	0,6
B ₂₂	47 - 102	94,9	3,3	1,8
B ₂₃	102 - 217	90,1	8,1	1,8
B ₂₄	217 - 259	81,9	16,5	1,6
B ₂₅	259 - 328	74,9	22,9	2,3
B ₂₆	328 - 436	93,4	6,0	0,6
B ₃₁	436 - 560	83,0	2,4	14,6
B ₃₂	560 - 600	93,0	3,8	3,2
Perfil P ₂ - Latossol Roxo				
B ₂₁	22 - 72	91,0	3,1	6,0
B ₂₂	72 - 140	88,8	2,8	8,4
B ₂₃	140 - 310	86,6	2,0	11,4
B ₂₄	310 - 347	84,5	0,7	14,9
B ₃	347 - 396	86,5	1,5	12,1

Fig. 10. Porcentagem dos minerais pesados transparentes do perfil P_1 (LR)

Fig. 11. Porcentagem dos minerais pesados transparentes do perfil P_2 (LR)

Fig. 12. Diagrama triangular dos minerais
pesados transparentes dos perfis
P₁ e P₂ (LR)

5.3. Arredondamento

A tabela 5 mostra os valores de arredondamento dos grânulos de quartzo dos dois perfís. Segundo PETTIJOHN (1957) esses valores classificam os grânulos como subarredondados. Quando grânulos da fração areia muito fina sofrem arredondamento, esse caráter é atribuído ao transporte eólico (Twenhofel, in: CARVALHO, 1954).

Os valores encontrados indicam, para a areia muito fina, material retrabalhado (PETTIJOHN, 1957; Schneiderhöhn, in: MÜLLER, 1967) e concordam com os encontrados por ALMEIDA (1954) para o arenito Botucatu.

Em relação ao arredondamento, os dois perfís mostram grande uniformidade, não se confirmando a descontinuidade litológica sugerida pelo comportamento dos minerais pesados, no perfil P₁.

Tabela 5. Arredondamento dos grãos de quartzo
da subfração areia muito fina dos
perfís P_1 e P_2

Horizonte	Profundidade	(Média)
		Arredondamento do quartzo
Perfil P ₁ - Latossol Roxo		
B ₂₁	22 - 47	0,30
B ₂₂	47 - 102	0,27
B ₂₃	102 - 217	0,29
B ₂₄	217 - 259	0,32
B ₂₅	259 - 328	0,29
B ₂₆	328 - 436	0,27
B ₃₁	436 - 560	0,29
B ₃₂	560 - 600	0,29
Perfil P ₂ - Latossol Roxo		
B ₂₁	22 - 72	0,28
B ₂₂	72 - 140	0,28
B ₂₃	140 - 310	0,29
B ₂₄	310 - 347	0,30
B ₃	347 - 396	0,30

Grânulos subarredondados (PETTIJOHN, 1957) 0,25 a 0,40

6. CONCLUSÕES

- 1) O latossol roxo estudado é constituído de material homogêneo, do ponto de vista granulométrico de sua fração areia, com variações não significativas entre os dois perfís e entre seus horizontes.
- 2) A origem do material está na decomposição de rochas eruptivas básicas, que ocorrem na região, na forma de sills e diques. O arenito Botucatu contribuiu para a formação desse solo, fornecendo material constituinte da fração areia.

- 3) A única evidência de descontinuidade litológica, resultante de estudos de mineralogia e granulometria, é dada pelo comportamento dos minerais pesados transparentes, no perfil P_1 , que indica uma possível descontinuidade entre os horizontes B_{26} e B_{31} .
- 4) Se confirmada essa descontinuidade, haverá correspondência entre o perfil P_2 e os horizontes (B_3) do perfil P_1 .
- 5) Uma descontinuidade litológica, no perfil P_2 , indica da pela presença de uma linha de pedras, conforme consta da descrição morfológica do perfil, não é confirmada pelos resultados obtidos no presente trabalho.

7. SUMMARY

B horizons of 2 "Latossol Roxo" profiles, occurring in the Piracicaba municipality, were selected for a study having as main objectives the determination of origin of parent material and the presence of lithological discontinuities. The sand fraction of these horizons was used for this purpose. The following observations were done: quantitative and qualitative mineralogical composition of transparent heavy minerals, occurrence of magnetic minerals, particle size distribution and roundness of the light fraction.

The interpretation of the results obtained led to the following conclusions:

- 1) The Latossol Roxo profiles studied are composed of homogeneous material from the standpoint of their particle size distribution.
- 2) Parent material results mainly from the weathering of basic eruptive rocks. Material from Botucatu sandstone contributed for the formation of their sand fraction.
- 3) Evidence of lithological discontinuity was found only in the behavior of transparent heavy minerals. The results do not confirm the discontinuity suggested by the stoneline present in profile 2.

It is theorized in this opportunity that if further studies indicate more positively the existence of discontinuity a correspondence will exist between profile 2 and the lower horizons of profile 1.

8. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, F.F.M., 1954. Botucatu um deserto triássico da América do Sul. Notas Preliminares e Estudos. DNPM. 16pp.

ALMEIDA, F.F.M., 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo, Inst. Geo. Geol. Bol. 41, p.167-273.

ALTAFIN, A., 1977. Granulometria da Fração Grosseira de Solos Desenvolvidos sobre o Arenito Bauru. Piracicaba, ESALQ/USP. 90pp. (Dissertação de Mestrado).

- AMARAL, S.E., 1971. Geologia e petrologia da formação Iratí (Permiano) no Estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia, (2):3-82.
- ANDRADE, S.S., 1971. Gênese e Classificação de Solos de Três Catenas nos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Piracicaba, ESALQ/USP. (Dissertação de Mestrado).
- BRASIL, Serv. Nac. de Pesq. Agronômicas. Comissão de Solos -
- Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura, CNEPA, 1960. 634pp.
(Bol. 12).
- BREWER, R., 1964. Fabric and Minerals Analysis of Soils. New York, Wiley and Sons. 470pp.
- BUCKHANNAN, W.H. e W.E.HAM, 1941. Preliminary investigations of heavy mineral criteria as an aid in the indentification of certain soils in Oklahoma. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6:63-71.
- CADY, J.G., 1960. Mineral occurrence in relation to soil profile differentiation. In: Trans. 7th International Congress of Soil Sci., Madison, 4:418-424.

- CADY, J.G., 1965. Petrographic microscope techniques. In:
BLACK, C.A., ed. Methods of Soil Analysis, Madison, Séries
Agronomy (9):604-631.
- CAMARGO, T. e P.VAGELER, 1937. Análise de solos (II): 1. Aná
lise mineralógica. Bol. Téc. nº 31 do Inst. Agr. Campinas,
22pp.
- CARVALHO, A.V. de, 1954. Contribuição ao estudo petrográfico
do arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras.
Geol., 3(1):51-72.
- EAQUB, M., 1972. Studies on soil profile development: profile
balance using mineralogical and chemical data of an
illimerized chernozem on loess. Z. Pflanzenernährung
Bodenkunde, 133:102-110.
- FALCI, S.C., 1972. Identificação de Cutans em Perfil de Latos
sol Roxo e Terra Roxa Estruturada. Piracicaba, ESALQ / USP.
(Dissertação de Mestrado). 77pp.
- FRIEDMAN, S.A., 1954. Low temperature authigenic magnetite.
Econ. Geol., 49(1):101-102.
- FOLK, R.L. e W.C.WARD, 1957. Brazos river bar: a study in
the significance of grain size parameters. J. Sed. Petrol.,
27:3-26.

- GUTMANS, M., 1943. Rochas - mater da terra roxa. Bragantia, 3: 371-322.
- HASEMAN, J.F. e C.E.MARSHALL, 1945. The use of heavy mineral in studies of the origin and development of soils. Missouri, Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 387. 75pp.
- JACKSON, M.L., 1956. Soil Chemical Analysis. Advanced. Course. Pub. by the author. Dept. of Soils. Univ. of Wisc., Madison (mimeografado).
- JEFFRIES, C.D. e M.L.JACKSON, 1949. Mineralogical analysis of soils. Soil Sci., 68:57-73.
- KRUMBEIN, W.C., 1941. The effects of abrasion on the size, shape and roundness of rock fragments. Jour. Geol., 49(5):449-482.
- KUNZE, G.W., 1965. Pretreatment for mineralogical analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of Soil Analysis. Madison, Series Agronomy, (9):568-577.
- LOBO, A.E.M., 1971. Descontinuidade Litológica de Alguns Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 65pp. (Dissertação de Mestrado).

- MARCONI, A.; I.O.ABRAHÃO e I.R.NOUEIRA, 1970. Efeito de operadores, dia de observação e tamanho de amostra e de grânulos na determinação do arredondamento de grânulos da fração areia de solos. An. ESALQ/USP, 27:205-222.
- MARCONI, A., 1973. Mineralogia de solos das séries Anhumas, Cruz Alta e Ibitiruna. An. ESALQ/USP, 30:185-202.
- MARCONI, A., 1974. Mineralogia de solos das séries Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Saltinho, do município de Piracicaba - SP. An. ESALQ/USP, 31:403-418.
- MARCOS, Z.Z., 1971. Morphologic and Physical Properties of Fine-Texture Oxisols, State of São Paulo. Ohio State University. Tese PhD. 272pp. (mimeografado).
- MATEOS, J.P., 1963. Análisis Mineralógico de Arenas. Métodos de estudio, C.S.I.C., Manuales de Ciencia Actual 1. 265pp.
- MELFI, A.J.; V.A.V.GIRARDI e A.C.MONIZ, 1966. Mineralogia dos solos da estação experimental "Theodoreto de Camargo", em Campinas. Bragantia, 25(2):9-30.
- MENDES, A.C.T., 1970a. Dispersão de Amostras de Solos Minerais. Piracicaba, ESALQ/USP. 47pp. (mimeografado).

- MENDES, A.C., 1970b. Análises Químicas de Solos. Piracicaba, ESALQ/USP. 98pp. (mimeografado).
- MEZZALIRA, S., 1965. Descrição geológica e geográfica das folhas de Piracicaba e São Carlos, São Paulo. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, 13. 37pp.
- MITCHELL, W.A., 1975. Heavy minerals. In: GIESERING, J.E., Soil Components; inorganic components. New York, Springer-Verlag, Heidelberg, 2:450-474.
- MÜLLER, G., 1967. Methods in Sedimentary Petrography (part I). New York, Hafner Publishing, 283pp.
- PAIVA NETO, J.E. de, 1951. Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, 11:227-253.
- PETTIJOHN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks, 2nd ed. New York, Harper e Brothers. 718pp.
- RAESIDE, J.D., 1959. Stability of index in soils with particular reference to quartz, zircon e garnet. J.Sediment. Petrol., 29:493.
- RANZANI, G.; O.FREIRE e T.KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP. 85pp. (mimeografado).

SEALE, R.J., 1956. The heavy minerals of some soils from the Newghbourhood of Cambridge, England. Jour. of Soil Sci. 7(2):307-318.

SETZER, J., 1941. As características dos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 1(4): 255-307.

SETZER, J., 1949. Os Solos do Estado de São Paulo. Publicação nº 6 da série "A", C.N.G., Rio de Janeiro, IBGE. 387pp.

SOUZA, J.J., 1971. Estudo Pedológico de Perfís de Solos da Região de Iracemápolis. Piracicaba, ESALQ/USP. 100pp. (Dissertação de Mestrado).

SUGUIO, K., 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher Editora, USP. 317pp.

SUGUIO, K.; A.M.COIMBRA e L.R.GUARDADO, 1974. Correlação sedimentológica de arenitos da bacia do Paraná. Bol. do Instituto de Geociências, USP, 5:85-116.

VAN ANDEL, T.H., 1959. Reflections on the interpretation of heavy mineral analysis. Jour. Sed. Petrology, 29:153-163.