

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA
MINERALOGIA DE UM LATOSSOL
VERMELHO AMARELO-FASE ARE-
NOSA DO MUNICÍPIO DE IRACE-
MÁPOLIS, S.P.**

Victor Gonçalves Bahia
Engenheiro Agrônomo

DR. ANTONIO CARLOS TEIXEIRA MENDES
- Orientador -

Dissertação apresentada à Escola Su-
perior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

PIRACICABA
Estado de São Paulo

1 973

A meus pais

e irmãs.

A G R A D E C I M E N T O S

Ao professor Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, pela orientação geral e apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Arary Marconi, pelo auxílio na identificação dos minerais.

Ao professor Dr. Zilmar Ziller Marcos, pela versão do resumo em inglês.

À Eng. Agr^a Sonia Carmela Falci, pela revisão do texto.

Ao professor Affonso Maria de Carvalho da F.C.M.B.B., pela cessão do equipamento fotográfico.

Ao senhor Roberto Forti, pela ajuda na montagem das lâminas.

Às Escolas Superiores de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) e de Lavras (ESAL), pela oportunidade de realização deste curso de aperfeiçoamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Sub-secretaria de Cooperação Econômica e Técnica Internacional (SUBIN), que através do suporte financeiro permitiu-nos a realização deste curso de pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), o qual através do Plano PL/480, subsidiou os gastos desta dissertação.

C O N T E Ú D O

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1. <u>Materiais</u>	12
3.1.1. Solo	12
3.1.2. Peneiras	12
3.1.3. Instrumental óptico	14
3.1.4. Reativos	14
3.2. <u>Métodos</u>	14
3.2.1. Remoção de sais solúveis	14
3.2.2. Eliminação da matéria orgânica	15
3.2.3. Remoção dos óxidos de ferro livres	15
3.2.4. Complementação da dispersão	16
3.2.5. Separação da areia do silte e argila ...	16
3.2.6. Fracionamento da areia total	16
3.2.7. Separação das frações leve e pesada	17
3.2.8. Separação dos minerais magnéticos	17
3.2.9. Montagem de lâminas para microscopia ...	17
3.2.10. Arredondamento	17
4. GEOLOGIA DA ÁREA E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS PERFIS DE SOLO	18
4.1. <u>Formação geológica da área</u>	18
4.2. <u>Características morfológicas dos perfis</u>	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. <u>Análise granulométrica</u>	26
5.2. <u>Arredondamento</u>	37

	Página
5.3. <u>Composição mineralógica</u>	37
5.3.1. Fração leve	42
5.3.2. Fração pesada	43
5.3.2.1. Minerais opacos	43
5.3.2.2. Minerais transparentes	43
5.3.2.3. Descrição e distribuição dos mi nerais	55
5.4. <u>Descontinuidades litológicas</u>	57
6. CONCLUSÕES	63
7. RESUMO	66
8. SUMMARY	68
9. BIBLIOGRAFIA CITADA	70

* * *

1. INTRODUÇÃO

Até o presente, uma grande parte dos pesquisadores que se dedicam ao estudo da gênese de solos têm baseado suas pesquisas em uma sequência de intemperização aplicada aos colóides de solos e sedimentos, sequência esta proposta por JACKSON et al (1948), com base nos trabalhos de Polinov (1937) e Goldish (1938).

Desse modo, o estudo da fração mais grosseira dos solos foi relegado a segundo plano, sendo poucos os trabalhos publicados sobre esta fração, mormente entre os pesquisadores brasileiros. Dentre estes, citam-se os de MELFI et al (1966), MARCONI (1969), e, MENESES LÓBO (1971). No entanto, já em 1923 Hendrick e Newlands, em 1929.a Hart, e em 1953 Smithson, (SEALE, 1956) reconheciam o valor da técnica do uso dos minerais pesados na fração grosseira dos solos, como um auxílio no estabelecimento da derivação dos solos e materiais de origem.

Também o SOIL SURVEY STAFF (1967) reconheceu a

importância do estudo da composição mineralógica aproximada da fração grosseira, utilizando-a na identificação de certos horizontes diagnósticos como por exemplo o óxico, na identificação dos Oxissóis e nos grandes grupos "Paleo" de alguns Ultissóis.

A importância do estudo da fração grosseira foi ressaltada ainda por DEMATTÊ et al (1972), quando estudando a fração argila de dois perfis da série Ribeirão Claro (Regos - sol), no Município de Piracicaba, SP, sugeriram a hipótese de que os quatro primeiros horizontes foram transportados e depositados sobre o horizonte C₃ dos dois perfis. Segundo os autores, uma conclusão segura a respeito desta provável descontinuidade litológica, somente poderia ser verificada com a análise mineralógica da fração areia.

Assim sendo, foi proposto o presente trabalho. Para tal fim, dois perfis de solos classificados originalmente como Latossol Vermelho Amarelo-fase arenosa, do Município de Iracemápolis, SP, foram coletados e descritos por SOUZA (1970, 1971).

A composição mineralógica quali e quantitativa das frações leve e pesada da areia muito fina, e o arredondamento dos grãos de quartzo foram estudados. Após a separação dos minerais magnéticos, foram montadas 56 lâminas para o estudo dos minerais pesados. Para o estudo do arredondamento, efetuado na fração leve, 18 lâminas foram montadas, correspondendo cada uma a um horizonte.

Posteriormente, foram calculadas as relações entre estes minerais para o estudo da uniformidade ou não dos perfis, e também a caracterização do provável material de origem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Se bem que a identificação de grãos minerais nos solos tenha sido estudada com maior interesse, desde o começo do século vinte, particularmente pelos holandeses, foi somente nos meados da década de trinta que a mineralogia do solo assumiu importância e a reconheceram como ciência. Há, presentemente, um volume considerável de trabalhos publicados nesse campo, extravasando-se no da petrologia sedimentar por um lado, e no da ciência do solo por outro.

Talvez um dos primeiros trabalhos publicados no Estado de São Paulo seja devido a CAMARGO & VAGELER (1937). Segundo esses autores, a formação de muitos solos tropicais não seria compreensível sem o estudo e análise mineralógica de sua rocha-mãe. Nos trópicos e subtropicais, a reserva mineral do solo não é apenas de pequeno interesse prático, mas até um dos fatores mais importantes na determinação das qualidades do solo. Por esse motivo, J. Mohr, um dos pioneiros da ciência dos solos tropicais, tornou obrigatória a análise mi-

neralógica dos solos nos Institutos de Solos das Indias Holandesas. Também para os técnicos europeus, a pesquisa mineralógica do solo ganhou nova importância depois que os estudos de van Baren mostraram que, deduções genéticas errôneas, podem ser evitadas pela análise mineralógica dos solos.

Atualmente, segundo o SOIL SURVEY STAFF (1967), a análise mineralógica do perfil de solo é imprescindível para o estudo de sua gênese e classificação.

É prática padrão em exame mineralógico das frações areia e silte grosseiro dos solos, classificar os minerais em dois grupos, baseados em suas densidades. E, como bromofórmio (densidade 2,9) tem sido comumente usado para este fim, os chamados minerais pesados são aqueles cujas densidades são maiores que a do bromofórmio, enquanto que os minerais leves têm uma densidade menor que a deste. Os minerais pesados, posto que constituam apenas uma pequena fração da amostra, incluem uma variedade muito grande de espécies minerais e são, portanto, geralmente mais úteis que a fração leve para a caracterização de sedimentos e solos. A maior parte dos minerais acessórios são minerais pesados.

Diferentes métodos são usados por diferentes sedimentologistas para obterem dados quantitativos sobre os minerais pesados.

Para sedimentos não consolidados achou-se boa prática considerar as pesquisas de RUBEY (1933) ao se decidir qual seja a fração granulométrica mais útil para se examinar microscopicamente. Ele assinalou a possibilidade de conclusões errôneas ao se comparar: (a) diferentes frações granulométricas dos sedimentos, ou (b) a mesma fração granulométrica de sedimentos de granulometria diferente. O melhor meio de comparação de amostras seria usar a fração pesada

da de todas as frações granulométricas em que a amostra foi dividida. Mas isto significa um gasto de tempo muito grande. Portanto, feita a análise mecânica, o mais prático e recomendável é a separação dos minerais pesados apenas da fração mais fina justaposta à dominante.

As vantagens e desvantagens das várias técnicas em petrologia sedimentar foram discutidas por Grout (HASEMAN & MARSHALL, 1945) em 1937. A recomendação do autor foi a separação dos minerais magnéticos antes da identificação e contagem dos minerais não opacos.

DOROTHY CARROLL (1938) sugeriu que os estudos fossem feitos nas frações areias mais finas e silte grosseiro, após a remoção dos capeamentos de óxidos de ferro e de alumínio das partículas. Sugeriu ainda, que fossem contados apenas um número de grãos suficientes para que se tivesse uma precisão de 5% (aproximadamente 300 grãos), visto que uma precisão maior, em geral, não seria prática.

Doeglas (HASEMAN & MARSHALL, 1945) considerou a contagem de apenas 100 grãos não opacos, suficientemente precisa para correlações estratigráficas. Segundo a opinião do autor, variações nas percentagens de uma espécie mineral, em diferentes amostras dentro de uma mesma área ou secção estratigráfica, eram devidas geralmente a contaminações por detritos de origem diferente, e não a diferenças de seleção.

MARSHALL (1941) e HASEMAN & MARSHALL (1945) desenvolveram um método petrográfico para uso em estudos de processos de formação de solos, o qual se baseia na suposição de que certos minerais resistentes permanecem constantes durante o desenvolvimento do solo. Estes autores foram, provavelmente, os primeiros a tomar a zirconita como mineral índice.

Muitas investigações importantes dos minerais residuais em solos foram feitas pelos holandeses, na Indonésia, durante os últimos 60 anos. Os primeiros trabalhos iniciados por Mohr (CAMARGO & VAGELER, 1937; MILNER, 1962) em 1911, relacionavam-se ao reconhecimento de minerais em perfis de solos provenientes de cinzas vulcânicas. Estes estudos, que foram resumidos depois por Mohr e van Baren (MILNER, 1962) em 1954, envolviam milhares de amostras de solos, tendo como um dos principais objetivos, auxiliar na classificação dos solos, pela determinação do tipo de material de origem.

Um dos primeiros estudos mineralógicos de solos nos Estados Unidos foi feito por McCaughey e Fry (HASEMAN & MARSHALL, 1945) em 1913. Eles descreveram com detalhes, os métodos usados por sedimentologistas, e como esses métodos podiam ser aplicados ao estudo de solos. As frações areia e silte, de vários tipos de solos de todas as partes dos Estados Unidos, foram estudadas por métodos mineralógicos qualitativos. Os autores concluíram, de seu exaustivo estudo, que quaisquer minerais ocorrendo comumente em rochas devem ser esperados ocorrer também em solos, não importando qual seja sua origem.

Vários pesquisadores britânicos reconheceram o valor de um estudo mineralógico dos solos, como uma ajuda para a classificação dos mesmos. HENDRICK & NEWLANDS (1923, 1927) e posteriormente HART (1929.a) fizeram estudos de vários solos glaciais da Inglaterra e Escócia. Eles separaram os minerais das frações areia fina, por meio de líquidos pesados, no grupo do ortoclásio, grupo do quartzo e grupo dos minerais pesados. Afirmaram terem sido os estudos microscópicos úteis na determinação da rocha-mãe e reserva de nutrientes às plantas sob a forma de silicatos. Diferenças no conteúdo de silicatos refletiam os diferentes tipos de rochas das quais o till derivou.

HARRISSON (1934) publicou um trabalho profundo sobre as características químicas, microscópicas e petrográficas, do catamorfismo das rochas ígneas sob condições tropicais no Suriname.

DOROTHY CARROLL (1936) em um estudo mineralógico dos solos da Austrália Setentrional concluiu que: (a) o resíduo pesado de um solo dá uma indicação clara da natureza da rocha-mãe; (b) o valor diagnóstico é aumentado pela quantidade total de minerais pesados, pelas características diagnósticas da espécie mineral, e pela quantidade do material magnético; (c) um estudo dos minerais pesados do solo pode ser muito útil no mapeamento geológico.

JEFFRIES (1937) e JEFFRIES & WHITE (1937, 1938, 1940) estão entre os primeiros nos Estados Unidos a estudarem perfis de solos, com detalhe sob o ponto de vista mineralógico. Estudaram solos derivados de calcários, dolomitos e folhelhos da parte meridional americana. As frações areia muito fina foram separadas no grupo dos minerais pesados, grupo do quartzo e grupo dos feldspatos, por meio dos líquidos pesados. Estudos microscópicos e contagens foram feitos nas frações pesadas. Os resultados mineralógicos dos solos estudados foram qualitativamente semelhantes, diferindo apenas quanto à proporção e quantidades totais dos vários minerais. Concluíram pela conveniência de se levar em consideração apenas os minerais pesados predominantes e correlacioná-los segundo as percentagens relativas. A quantidade total seria útil para fins de correlação. Finalmente, por uma comparação dos minerais da fração areia muito fina dos solos, com aqueles das rochas-matrizes, os autores constataram que as características mineralógicas da rocha-matriz são refletidas no solo.

BUCKHANNAN & HAM (1941) valeram-se do estudo dos minerais pesados para decidir questões de origem afetando

a classificação de alguns solos de Oklahoma, Estados Unidos.

O valor da "técnica dos minerais pesados", como um auxílio no estabelecimento da derivação de solos e de seus materiais de origem, foi reconhecido na Inglaterra por muitos pesquisadores, como por exemplo, HENDRICK & NEWLANDS (1923, 1925), HART (1929.a, 1929.b), SMITHSON (1953) e outros, já atrás citados. O método é particularmente útil em áreas cobertas por detritos, onde o relacionamento do solo com o substrato rochoso pode ser obscurecido. Investigações nesse sentido foram, mais recentemente, levadas a efeito nesse mesmo país por SEALE (1956). As pesquisas deste autor foram conduzidas na área estendendo-se ao norte e nordeste de Cambridge onde diferentes substratos rochosos estão encobertos em sua maior ou menor extensão por detritos glaciais. Os minerais pesados, nos perfis de algumas séries de solos representativas, foram estudados e suas proporções relativas determinadas, para constatar se existiam diferenças significativas entre as composições mineralógicas das diferentes séries, e para resolver, se possível, a origem das frações areia desses solos. As quantidades relativas das espécies minerais presentes nas frações areia fina foram determinadas por contagens ao microscópio de 300 a 600 grãos para cada amostra, excluindo-se os opacos, exceto magnetita e ilmenita. Após o cômputo da composição percentual, os resultados foram expressos atribuindo-se, a cada espécie mineral, um número de frequência segundo o método usado por Evans, Hayman e Majeed (1933). Achou-se que as séries de minerais pesados na maioria das amostras, exceto aqueles de uma das séries (Oakington), eram muito semelhantes, indicando que suas frações areia tinham uma origem comum e foram, provavelmente, em sua maior parte derivadas dos depósitos glaciais com quantidades subordinadas de material de outra origem. As variações nas percentagens de cianita e estaurolita, a forma dos grãos de cianita, e as variações de coloração da zirconita foram notadas, entre outras, como carac

terísticas distintivas do material matriz e refletidas nos solos a que deram origem.

Arneman, Khan e McMiller (MARCONI, 1969) em 1958 estudaram os minerais pesados de três solos do Estado de Minnesota, Estados Unidos, com a finalidade da determinação da gênese e caracterização dos horizontes de cada solo. Não encontraram grandes diferenças mineralógicas entre os três solos, atribuindo isto ao fato de serem solos jovens. Encontraram, entretanto, consideráveis diferenças na frequência de alguns minerais nas diversas frações granulométricas, como a clorita, apatita e zirconita que foram mais abundantes nas frações mais grosseiras. O fato foi atribuído ao hábito dos cristais ou ainda, à diferença de estabilidade dos minerais.

BREWER (1964) afirmou que, talvez a mais importante aplicação da análise mineralógica das frações grosseiras do solo, seja a de constatar a uniformidade ou não do perfil do solo em relação à rocha, ou em relação aos próprios horizontes. O melhor método para esse estudo baseia-se na comparação dos minerais mais resistentes, tais como a zirconita e turmalina.

WATSON (1965) estudando uma catena de solos na Rodésia Meridional apontou como características diferenciais indicativas dos materiais de origem, variações na coloração e arredondamento da zirconita.

No Brasil, poucos são os trabalhos sobre mineralogia da fração grosseira dos solos, embora seu estudo seja frequente para as rochas sedimentares.

MELFI et al (1966) estudando mineralogicamente séries monotípicas da Estação Experimental "Theodureto de

Camargo", no Município de Campinas, SP, puderam, através da relação verificada entre minerais leves e pesados, diferenciar solos derivados de diabásio daqueles provenientes de rochas sedimentares glaciais. Nestes, a exemplo das séries Barrão, Venda Grande e Monjolinho, a quantidade de minerais leves ultrapassava nitidamente a dos pesados, enquanto naqueles, como na série Chapadão, a quantidade de minerais pesados equilibrava-se com a dos leves.

MARCONI (1969) estudando a composição mineralógica e o arredondamento dos grãos de quartzo, zirconita e turmalina da areia fina de seis séries de solos (Anhumas, Cruz Alta, Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Saltinho), situados sobre a formação Botucatu, no Município de Piracicaba, SP, encontrou entre os minerais pesados, predominância de minerais opacos, estauroлита, turmalina, ocorrendo ainda, em menor quantidade, zirconita. Com base na composição mineralógica, o autor separou as séries em dois grupos: um com predominância de estauroлита, e outro com predominância de minerais opacos e relativamente baixa ocorrência de estauroлита. Quanto ao arredondamento, os valores encontrados foram superiores a 0,50, sendo pois caracterizados como grãos arredondados. Com os resultados obtidos, e através de comparações, concluiu sobre a gênese do material dos solos: provieram de rochas metamórficas e eruptivas, tendo participado, contudo, de mais de um ciclo de sedimentação.

MENESES LÔBO (1971) estudando quatro perfis de solos que ocorrem no Município de Piracicaba, SP, com a finalidade de constatar ou não, a uniformidade dos perfis através das relações entre os minerais pesados e(ou) leves, concluiu: (a) os dados referentes à análise mecânica dos minerais leves revelaram a presença dominante do quartzo em todos os horizontes dos perfis; (b) os resultados da análise dos minerais pesados, através da relação zirconita/turmalina, re-

velaram descontinuidades litológicas em todos os perfis, e que, nem sempre certas descontinuidades litológicas estavam associadas com a presença de linha de seixos:

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Solo

Foram utilizadas neste estudo, amostras de dois perfis de solo do Município de Iracemápolis, SP, coletadas por SOUZA (1970) pertencentes ao grande grupo Latossol Vermelho Amarelo-fase arenosa.

A localização do Município de Iracemápolis no Estado de São Paulo, acha-se apresentada na figura 1.

3.1.2. Peneiras

Peneiras com malhas de 1000, 500, 250, 100 e 50 microns foram utilizadas para a separação da fração areia, de cada uma das subamostras de solo, em: muito grossa, gros -

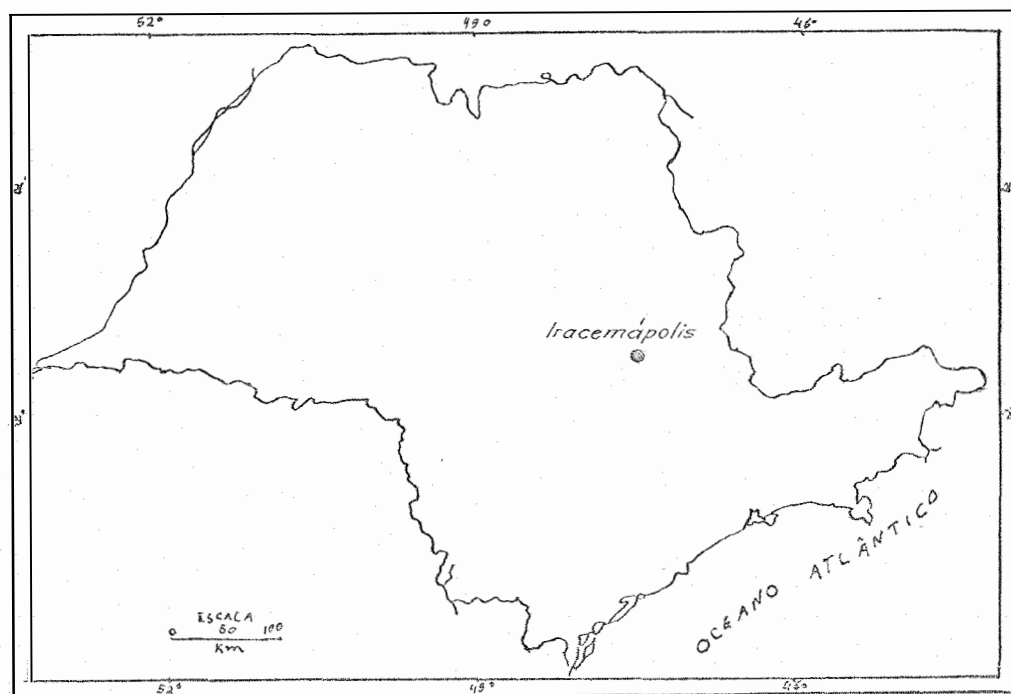


Fig. 1 - Localização do Município de Iracemópolis no Estado de São Paulo.

sa, média, fina e muito fina, respectivamente.

3.1.3. Instrumental óptico

Os minerais foram identificados em um microscópio petrográfico de fabricação da Ernest Leitz Wetzlar, Alemanha, modelo Dialux-Poll. Uma câmara marca Minolta SRT-101 acoplada com adaptador Minolta para ocular de microscópio foi utilizada na obtenção das microfotografias.

3.1.4. Reativos

Dos reativos utilizados, merecem ser destacados os seguintes:

- a. Solução de acetato de sódio 1N, pH 5,0 (82g de NaOAc e 27 ml de HOAc glacial por litro, ajustado para pH 5,0 com NaOAc ou HOAc glacial);
- b. Peróxido de hidrogênio a 30%;
- c. Solução de citrato de sódio 0,3 M;
- d. Bicarbonato de sódio 1M;
- e. Ditionito de sódio;
- f. Solução de carbonato de sódio pH 9,5 (2g de Na_2CO_3 por 18 litros de água destilada).

3.2. Métodos

3.2.1. Remoção de sais solúveis

Seguiram-se as recomendações de JACKSON (1956). Colocaram-se em copos de forma alta, com capacidade para 600 ml, 10 g de T.F.S.A. de cada uma das amostras de solo, às

quais adicionaram-se, aproximadamente, 100 ml da solução normal de acetato de sódio pH 5,0. Aqueceu-se durante 30 minutos em banho-maria, agitando-se de quando em quando. O sobrenadante foi sifonado e a amostra lavada com nova porção da solução de NaOAc pH 5,0.

3.2.2. Eliminação da matéria orgânica

Ainda segundo as recomendações de JACKSON (1956), à amostra de solo, apresentando agora reação ácida, juntaram-se 5 ml de H_2O_2 a 30%. Após a diminuição desta reação de oxidação, levou-se à amostra ao banho-maria. Neste, o calor novamente intensificava a reação, e mais 5 ml de H_2O_2 a 30% eram adicionados quando a mesma se abrandava. Durante o tratamento os copos, com as amostras, foram conservados tampados com vidros de relógio. Novas porções de H_2O_2 a 30% foram adicionadas, quando necessárias. Encerrando esta etapa, as amostras foram deixadas a evaporar até uma pasta rala e lavadas com a solução de NaOAc pH 5,0.

3.2.3. Remoção dos óxidos de ferro livres

O método utilizado foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, descrito por Aguilera e Jackson em 1953, e citado por TEIXEIRA MENDES (1970). Adicionaram-se às amostras, 40 ml da solução de citrato de sódio 0,3 M e 5 ml da de bicarbonato de sódio 1M, aquecendo-se a seguir em banho-maria. Finalmente, adicionou-se aproximadamente 1 g de ditionito de sódio em pó, após o que as amostras foram deixadas reagir por 15 minutos, sendo, de quando em vez, agitadas. A temperatura foi mantida abaixo de 80°C, seguindo as recomendações dos autores, visto que acima dela pode ocorrer a precipitação de sulfeto. O sobrenadante foi sifonado e as amostras lavadas com solução de NaCl a 5%.

3.2.4. Complementação da dispersão

As amostras nos copos foram saturadas com sódio por tratamento com 200 ml da solução de carbonato de sódio a 2%, agitadas e aquecidas em banho-maria por 30 minutos (JACKSON, 1956), após o que o sobrenadante foi decantado. Adicionaram-se 500 ml de água destilada e agitou-se, quando então as amostras entraram em dispersão. Quando não, o sobrenadante foi sifonado e as amostras tratadas com álcool etílico absoluto, repetindo-se o tratamento com água destilada e agitação.

3.2.5. Separação da areia do silte e argila

A fração areia total foi separada das frações silte e argila através de um tamis de 50 microns de malha. As partículas retidas no tamis foram lavadas com jatos de acetona, deixadas secar, e, o tamis agitado para deixar passar as partículas menores que 50 microns que haviam sido retidas por tamisagem por via úmida.

A fração areia total retida no tamis foi transferida para um papel acetinado e em seguida para um frasco tarado, levadas à estufa e deixadas secar a uma temperatura de 105-110°C até peso constante.

3.2.6. Fracionamento da areia total

A fração areia total foi separada por peneiramento em 5 classes de tamanho, segundo as recomendações de JEFFRIES (1941): areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina. Usou-se o jogo de peneiras citado no item 3.1.2.

3.2.7. Separação das frações leve e pesada

As frações leve e pesada foram separadas em funis separadores usando-se como líquido pesado o tetrabromoetano (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938), de densidade 2,9. Após a separação o tetrabromoetano aderente à superfície dos grãos foi removido por lavagem com acetona.

3.2.8. Separação dos minerais magnéticos

Os minerais magnéticos foram removidos da fração pesada com o auxílio de um ímã.

3.2.9. Montagem de lâminas para microscopia

Lâminas permanentes da fração pesada não magnética, para fins de identificação mineralógica quali e quantitativa, e da fração leve para análise de arredondamento, foram montadas com bálsamo do Canadá natural, sobre lâminas de microscopia de 46 x 26 mm.

3.2.10. Arredondamento

Adotou-se a técnica de comparação visual prescrita por KRUMBEIN (1941).

4. GEOLOGIA DA ÁREA E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS PERFIS DE SOLO

4.1. Formação geológica da área

O Município de Iracemápolis (Folha Topográfica de Piracicaba, da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, 1913) apresenta um relevo suave, formas topográficas não acentuadas e altitude entre 500 e 700 metros.

A primeira carta geológica da região, data de 1907 e foi organizada pela antiga Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo. Posteriormente, em 1942, o Instituto Geográfico e Geológico publicou a folha geológica de Piracicaba, de autoria dos engenheiros Osmar Mesquita e Newton da Costa Silveira, completando os trabalhos de Joviano Pacheco e Guilherme Florence (MEZZALIRA, 1965).

Em 1953, a Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral publicou as fo-

lhas geológicas de Piracicaba e Rio Claro (ALMEIDA & BARBOSA, 1953) nas quais aparecem pela primeira vez representadas, em separado, as formações Corumbataí das Irati, as intrusivas das efusivas, e as diferentes subdivisões do Grupo Tubarão.

No entanto, segundo SETZER (1960) na folha geológica de Piracicaba, diversas áreas foram mapeadas como diabásio sendo realmente Irati, e, notáveis extensões de Irati mapeadas como formação Itapetininga do Grupo Tubarão. Segundo o mesmo autor, o mapa geológico então em elaboração por Mezzalira (publicado em 1965) apresentaria a distribuição mais correta entre os sills de diabásio e a formação Irati.

O mapa geológico do Município de Iracemápolis e, os locais onde foram coletadas as amostras de solo estão representados na figura 2. A figura 3 mostra, em detalhe, os locais de coleta das amostras dos perfis.

A figura 4 é uma secção geológica-estrutural com direção 80° NW passando por Charqueada e Iracemápolis.

No levantamento geológico de MEZZALIRA (1965), os contatos das diversas formações não foram percorridos em toda sua extensão em face da grande decomposição das rochas presentes na área, porém, muitas vezes, extrapolados. Para a delimitação do contato entre as formações Irati e os corpos intrusivos de diabásio, em virtude desse espesso manto de alteração, foi adotado o seguinte critério: presença de pequenos fragmentos de sílex decompostos, baixa percentagem de quartzo, como área pertencente à formação Irati; ausência de fragmentos de sílex, alta percentagem de magnetita e ilmenita, como área pertencente às intrusivas.

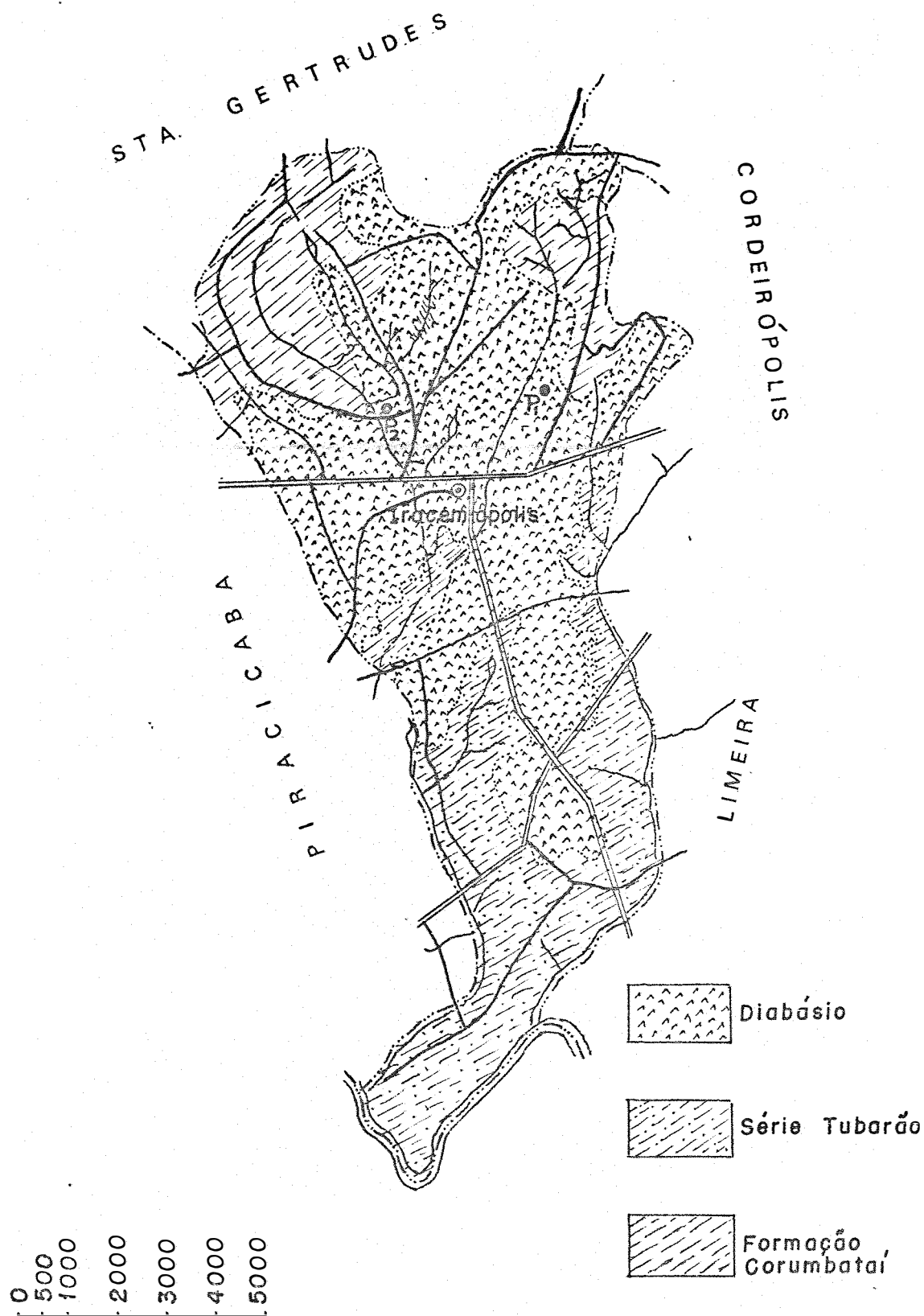
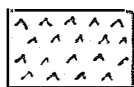
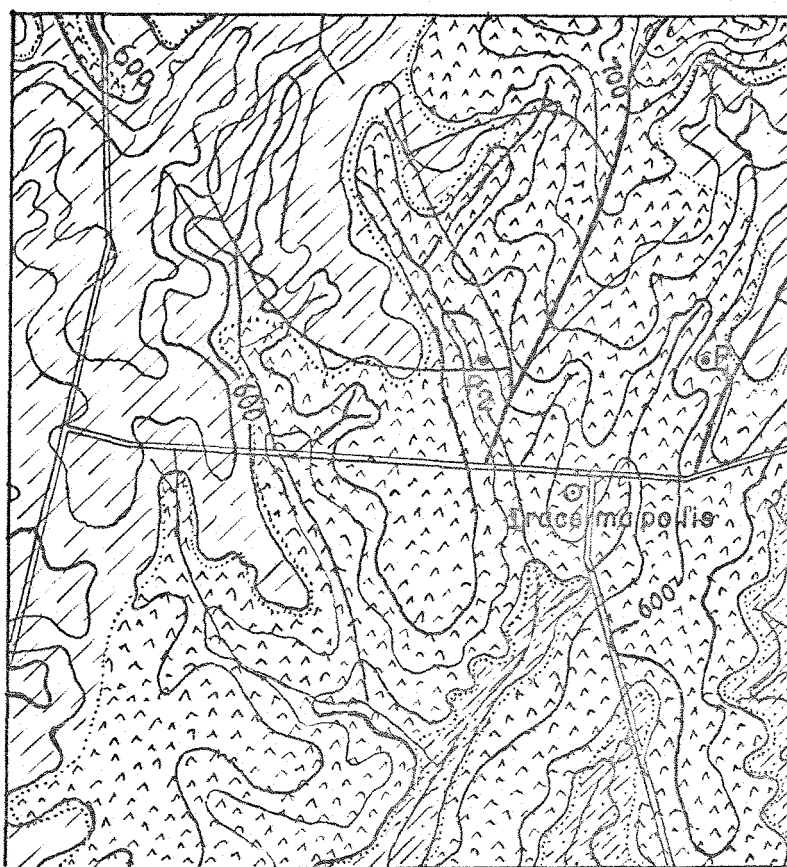


Fig. 2 - Mapa geológico do Município de Iracemópolis (MEZZALIRA, 1965) e indicação dos locais de coleta das amostras.



Diabásio



Formação
Corumbataí



Série Tubarão

Fig. 3 - Locais de coleta das amostras, em detalhe no mapa geológico de Iracemápolis.

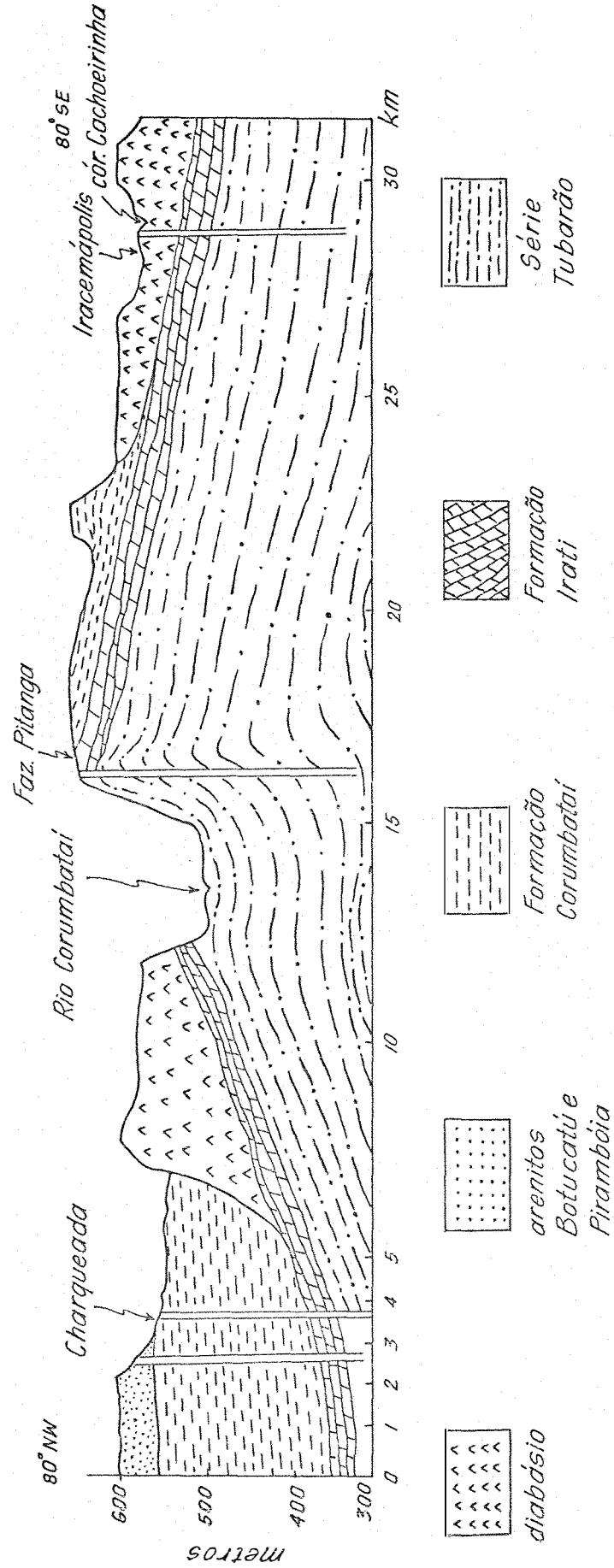


Fig. 4 - Secção geológica - estrutural (MEZZALIRA, 1965).

4.2. Características morfológicas dos perfis

As características morfológicas dos perfis P_1 e P_2 estão apresentadas nos Quadros 1 e 2, respectivamente.

QUADRO 1 - Características morfológicas do Perfil P₁ (SOUZA, 1971).

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Úmida
A _p	0-28	5YR 3/3	barro-argilosa	prismática e blocos, moderado, pequena a média	duro, friável, plástico e pegajoso
B ₂₁	28-75	5YR 3/4	argila	prismática e blocos, moderado, pequena	ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
B ₂₂	75-130	2,5YR 3/4	argila	prismática e blocos, fraco, pequena	ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
B ₂₃	130-216	5YR 4/6	argila	maciça	macio, muito friável, não plástico e não pegajoso
IIB ₂₄	216-256	2,5YR 4/4	barro-argilosa		
IIB ₂₄	256-306	2,5YR 4/6	barro-argilosa		
IIC ₁	306-351	2,5YR 4/8	barro-argilosa		
IIC ₂	351-376 ⁺	10R 4/6	barro-argilosa		

Observação: Presença de cerosidade em grau fraco no horizonte A_p; presença de linha de seis a 40cm de espessura no horizonte IIB₂₄.

QUADRO 2 - Características morfológicas do Perfil P₂ (SOUZA, 1971).

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Úmida
Ap	0-25	7,5YR 4/4	argila	maciça	ligeiramente duro, friável, plástico e muito pegajoso
B ₂₁	25-55	5YR 4/4, 5/4	argila	bloços, moderado, média	duro, friável, plástico, muito pegajoso
B ₂₂	55-85	5YR 4/6, 4/8	argila	prismática, moderado, grande a muito grande	duro, friável, plástico e pegajoso
B ₂₃	85-115	5YR 5/4	argila	prismática, fraco, muito grande	ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso
B ₃	115-155	5YR 4/8, 4/6	argila	maciça	ligeiramente duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso
IIC ₁	155-235	2,5YR 4/6, 5/6	argila	maciça	friável, plástico e pegajoso
IIC ₂	235-310	10R 4/4	argila		
IIC ₃	310-345	10R 5/4	argila		
IIC ₄	345-375	2,5YR 4/8	argila		
IIC ₅	375-400+	10R 5/6	argila		

Observação: Presença de cerosidade em grau fraco nos horizontes B₂₁, B₂₂ e B₂₃; presença de linha de seixos de limite difuso no horizonte B₃.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise granulométrica

Os Quadros 3 e 4 indicam as sub-frações areia dos perfis estudados, segundo os intervalos granulométricos recomendados pelo USDA, relacionados com os horizontes e profundidades.

No perfil P₁ a uma profundidade de 256-306cm e no P₂ na de 115-155cm, foi constatada a presença de linha de seixos (SOUZA, 1971).

Ruhe (RUHE, 1958) atribuiu a origem das linhas de seixos em extensas áreas na África, aos processos de erosão e sedimentação. O processo consistia no ataque pela água corrente sobre os flancos do vale, com a conseqüente transgressão deste a montante. Formava-se então, ao pé do declive do vale, em regressão, uma superfície de erosão. Fragmentos mais grosseiros de rochas eram concentrados nessa superfície, pela remoção do material mais fino. Assim se formava o len -

çol de cascalho ou linha de seixos. Sedimentos de textura mais fina, derivados das partes mais altas do vale, em transgressão, eram transportados para baixo e levados embora ou depositados sobre o lençol de cascalho na superfície de erosão. Este sedimento de textura mais fina é o geralmente encontrado acima da linha de seixos.

Se bem que superfícies de linhas de seixos possam ser atribuídas a vários outros processos de origem (Heinzelin; Ireland, Sharpe e Eargle; Sharpe; citados por RUHE, 1958), a presença das mesmas em extensas áreas é suposta ser mais comumente devida à erosão pela água-corrente e o subsequente recobrimento do cascalho residual ou transportado, por sedimentos de textura mais fina.

A origem das superfícies de linha de seixos foi determinada por um estudo detalhado, em Iowa Estados Unidos, por RUHE (1958), não diferindo daquela atribuída aos solos da África.

Seguindo-se RUHE (1958), e com vistas ao mapa em detalhe das regiões de coleta dos perfis (figura 3), os solos aqui em questão teriam se formado a partir de sedimentos provindos da formação Corumbataí, a montante.

A observação dos resultados apresentados nos Quadros 3 e 4, mostrou a concentração das modas entre os valores 0,100 - 0,050 mm, decrescendo para o lado das frações mais grosseiras.

A figura 7 é um histograma da distribuição percentual das modas, obtido das amostras dos horizontes B do Quadro 3. Comparando-se este resultado com trabalhos realizados por BJORNBERG (1965, tabela I), considerações de Bigarella citadas por FREITAS (1955, Quadro VI), dos quais foram ob-

QUADRO 3 - Resultados da análise mecânica do perfil P₁.

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria (mm)					
		2-1	1-0,50	0,50-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	
Ap	0-28	1,00	2,92	7,08	7,78	27,42	
B ₂₁	28-75	0,71	2,07	4,91	14,39	16,44	
B ₂₂	75-130	1,00	2,40	4,98	11,98	17,82	
B ₂₃	130-216	0,85	2,05	4,44	11,89	17,85	
IIB ₂₄	216-256	1,72	2,24	3,59	10,02	16,90	
IIB ₂₄	256-306	3,54	4,78	5,93	13,55	17,71	
IIC ₁	306-351	1,89	1,31	2,07	5,85	11,28	
IIC ₂	351-376+	0,55	0,77	1,09	2,74	4,38	

QUADRO 4 - Resultados da análise mecânica do perfil P₂.

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria (mm)				
		2-1	1-0,50	0,50-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05
Ap	0-25	0,63	2,03	2,11	1,99	9,22
B ₂₁	25-55	0,64	1,22	1,44	2,62	5,98
B ₂₂	55-85	0,71	0,96	1,10	1,22	6,76
B ₂₃	85-115	0,67	0,87	1,05	0,54	7,80
B ₃	115-155	0,47	0,81	0,93	0,82	6,98
IIC ₁	155-235	1,97	1,69	1,62	1,61	12,64
IIC ₂	235-310	0,85	0,86	0,81	0,56	6,04
IIC ₃	310-345	0,65	0,48	0,43	0,75	3,15
IIC ₄	345-375	0,22	0,53	0,46	0,44	3,49
IIC ₅	375-400+	0,14	0,37	0,33	0,18	2,72

tidos os histogramas representados nas figuras 5 e 6, vê-se claramente, a semelhança entre os das figuras 6 e 7, e suas discrepâncias com aquele da figura 5. Nas figuras 6 e 7 as concentrações das modas caíram, principalmente na fração 1/8-1/16, enquanto o arenito de deposição eólica, figura 5, apresentou moda mais frequente na fração 1/4 - 1/8.

A mediana, acompanhada dos quartis, tem como finalidade permitir os cálculos dos coeficientes de seleção e graus de simetria das distribuições granulométricas. Com o intuito de sintetizar resultados, foram obtidos valores médios para S_0 (coeficiente de seleção) e $\log S_k$ (logarítmo do grau de simetria). Assim, para a fração arenosa das amostras dos horizontes B do perfil P_1 , os valores medianos de S_0 e $\log S_k$ foram respectivamente 1,7 e 0,10380.

Segundo PETTIJOHN (1949), o resultado é de ótima seleção granulométrica. O valor positivo de $\log S_k$ mostrou haver ligeira assimetria para o lado da fração arenosa fina.

Para se ter meio direto de comparação entre cada amostra e a formação Corumbataí, julgou-se necessário construir uma curva granulométrica desta última, que servisse como padrão. Para isto, foi usado o artifício divulgado por LOHSE (1955) e PETTIJOHN (1949). Estes autores são da opinião de que a fração arenosa, de qualquer sedimento clástico de uma mesma formação geológica, deve obedecer, aproximadamente, a uma curva logarítmica normal de distribuição granulométrica. Esta curva pode ser obtida da seguinte maneira: calcula-se inicialmente a média de qualquer fração granulométrica grossa, o mesmo se fazendo com as frações finas. Tais valores são representados em papel logarítmico normal por dois pontos. Uma reta que passe por estes dois pontos dará a relação entre a percentagem em peso e o diâmetro em milímetros,

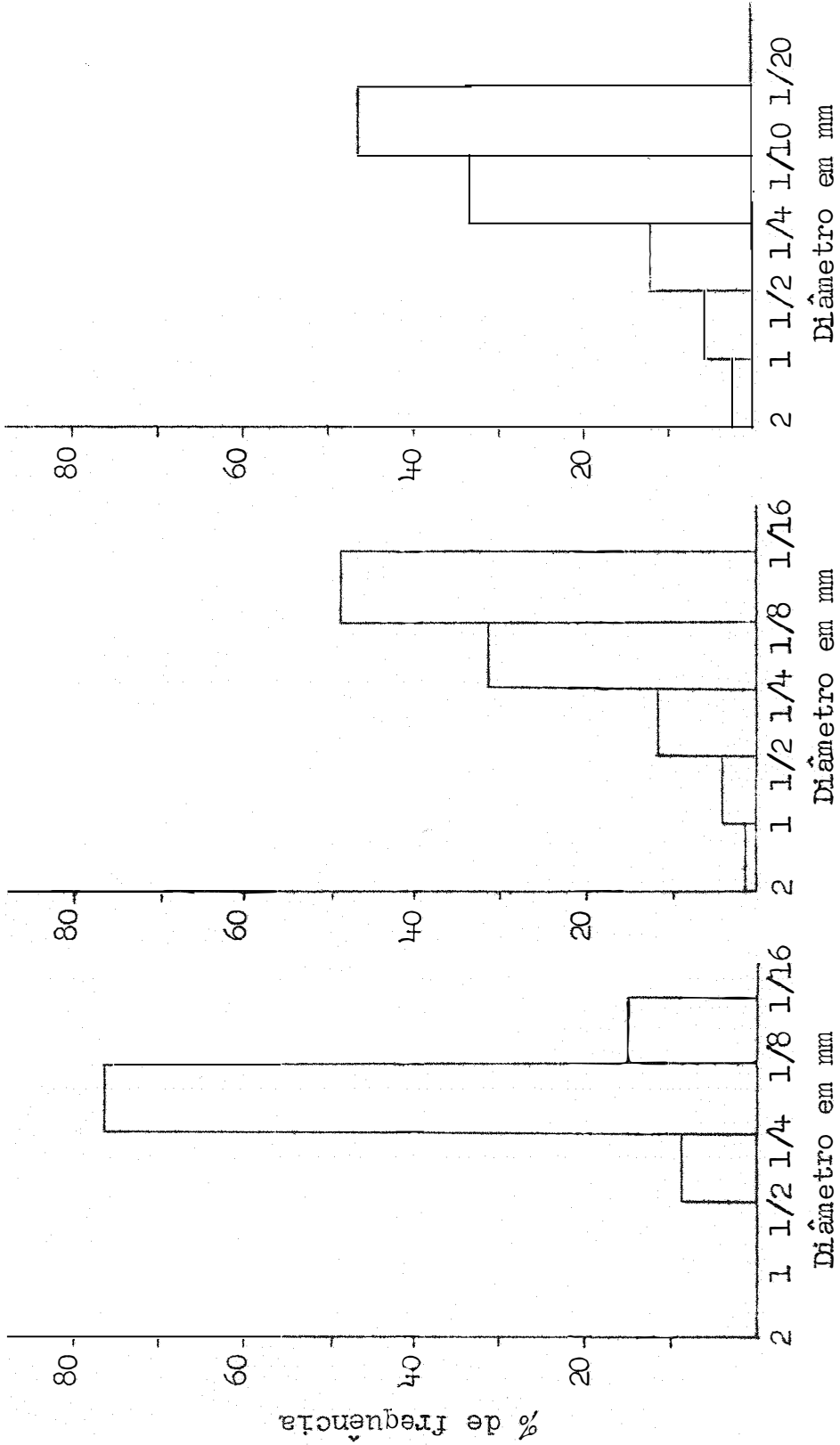


Figura 5 - Histograma do arenito Botucatu (eólico) segundo Bigarella (FREITAS, 1955)

Figura 6 - Histograma da formação Corumbá, segundo EJORNBURG (1965)

Figura 7 - Histograma dos horizontes B, perfil P₁.

para a construção da curva acumulada ou histograma. O método descrito foi usado para a construção das curvas padrões do arenito Botucatu e da formação Corumbataí, representadas na figura 8. As médias para a construção da figura 8 foram obtidas na literatura geológica, de trabalhos referentes ao arenito Botucatu e formação Corumbataí, dos seguintes autores: ANNA MARIA V. DE CARVALHO (1954), ALMEIDA (1953), FREITAS (1955) e BJORNBERG (1965). Pode-se notar do exame da mesma, que os resultados granulométricos obtidos para as amostras em estudo, se aproximam melhor da curva padrão obtida para a formação Corumbataí, favorecendo pois, a hipótese levantada.

O histograma, figura 9, obtido do Quadro 4, mostrou que a distribuição das classes mais frequentes da fração arenosa, situa-se entre os valores 1 - 0,5 mm e 0,10 - 0,05mm, para os horizontes C, evidenciando um sedimento aluvionar, de acordo com os resultados obtidos por PETTIJOHN (1949). Sendo um histograma bimodal não se pode compará-lo com os dados anteriores das figuras 5, 6 e 7.

Segundo Correns (BJORNBERG, 1965) os sedimentos de aluvião poderão apresentar dois tipos de distribuição granulométrica. A figura 10 mostra histogramas relativos aos dados obtidos pelo autor. Este pode ser perfeitamente simétrico, ou apresentar ligeira assimetria negativa. Possivelmente, isto se deva à dualidade da natureza de transporte da fração arenosa: suspensão-saltação e rolamento.

No transporte de clásticos em meio aquoso, a gama de variação da velocidade em função da competência é menor do que para o transporte em ambiente eólico. O que foi dito por ser visualizado no gráfico de Correns (BJORNBERG, 1965), como aparece simplificado na figura 11. Examinando-a, nota-se que somente à velocidade de 500 m/s o vento poderá deslocar pequenos seixos, acompanhados de clásticos mais fi-

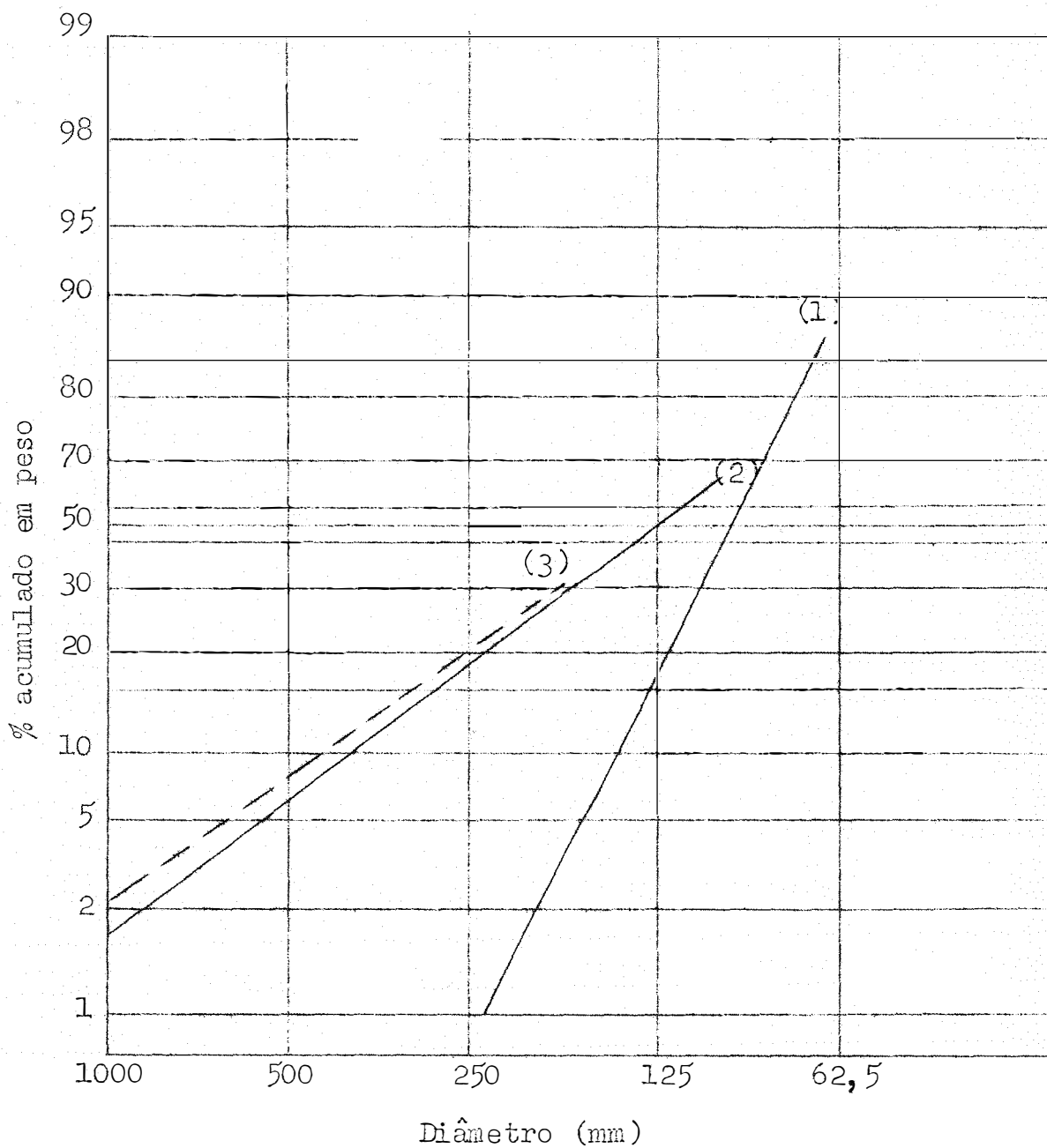


Figura 8 - Curvas padrões do Arenito Botucatu (1), formação Corumbataí (2) e média dos horizontes B do perfil P₁ (3) em papel log normal.

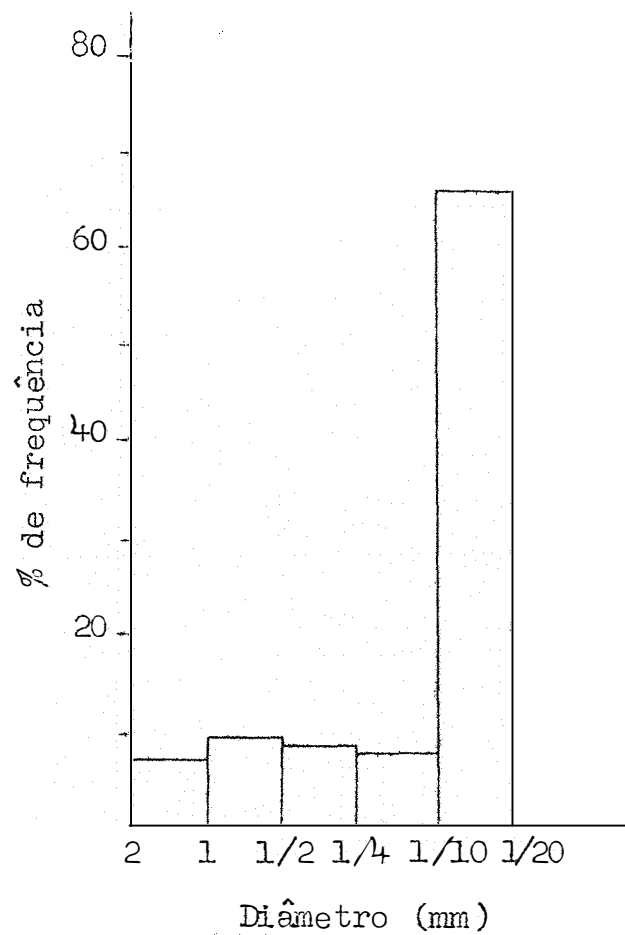


Figura 9 - Distribuição das classes mais frequentes da fração arenosa (Perfil P₂ - horizonte C).

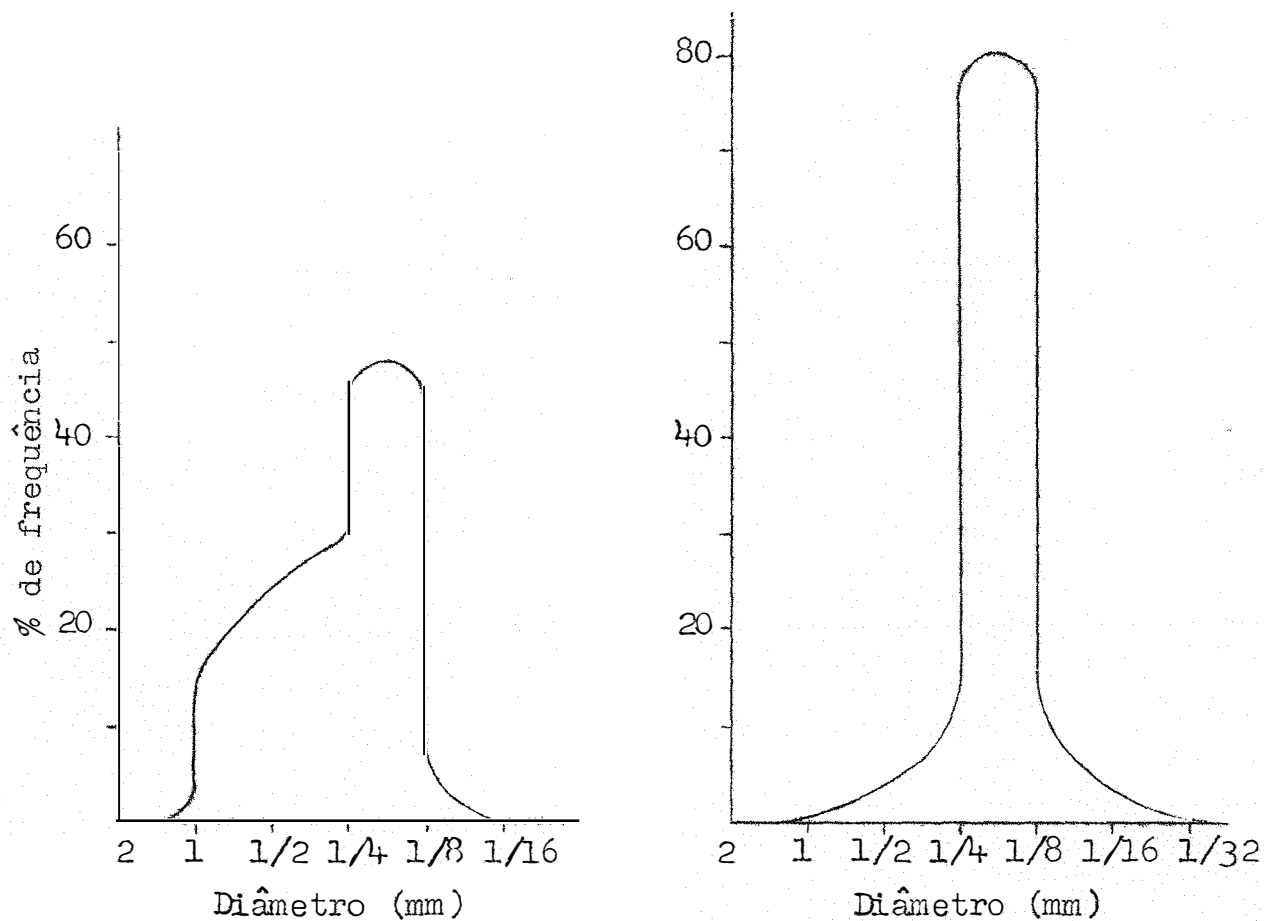


Figura 10 - Histogramas da granulometria de sedimentos aluvionares segundo Correns (BJORNBERG, 1965).

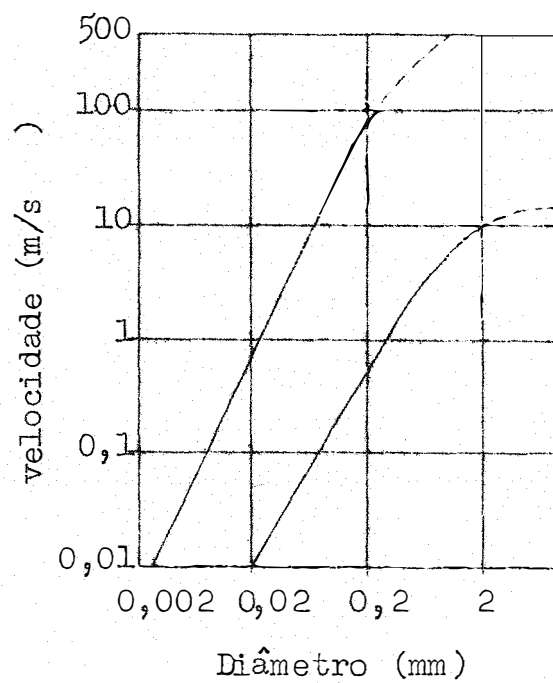


Figura 11 - Curvas de competência, segundo Correns (BJORNBERG, 1965).

nos, enquanto as correntes aquosas, a 7 m/s poderão deslocar partículas do mesmo tamanho. Talvez seja esta a razão porque, raramente, os sedimentos eólicos apresentam distribuição bimodal.

5.2. Arredondamento

Foram montadas 18 lâminas da fração areia muito fina, correspondendo cada uma a um horizonte dos perfis estudados, e examinados ao todo, 900 grãos de quartzo. Os resultados encontrados acham-se nos Quadros 5, 6, 7 e 8.

Os contornos dos grãos foram comparados com os das figuras publicadas por KRUMBEIN (1941). Os valores médios para os perfis, com base na classificação desse autor, permitiram colocá-los na classe dos grãos arredondados. As médias da distribuição de arredondamento acham-se representadas nos histogramas da figura 12.

Os índices de arredondamento encontrados foram inferiores àqueles obtidos por MARCONI (1969), em solos derivados de sedimentos eólicos, quando o valor médio encontrado foi de 0,54. ANNA MARIA V. DE CARVALHO (1954) encontrou, para a fração areia fina (entre os limites 105 - 74 microns), índices de arredondamento variando em torno de 0,6 a 0,7.

5.3. Composição mineralógica

Os Quadros 9 e 10 dão as percentagens de minerais leves e pesados da fração areia muito fina nas amostras estudadas. Os valores obtidos discordam daqueles encontrados para o arenito Botucatu (ANNA MARIA V. DE CARVALHO, 1954) e solos sobre ele formados (MARCONI, 1969). Este autor, estu -

QUADRO 5 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₁. Frequências observadas.

Horizonte	Grau de Arredondamento								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Ap	-	-	6	11	18	15	-	-	-
B ₂₁	-	-	6	28	14	2	-	-	-
B ₂₂	-	-	10	24	12	4	-	-	-
B ₂₃	-	2	11	15	20	2	-	-	-
IIB ₂₄	-	1	10	22	12	5	-	-	-
IIB ₂₄	-	3	10	23	12	2	-	-	-
IIC ₁	-	2	13	15	15	5	-	-	-
IIC ₂	-	-	14	19	11	6	-	-	-

QUADRO 6 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₁

Horizonte	Médias
Ap	0,48
B ₂₁	0,42
B ₂₂	0,42
B ₂₃	0,41
IIB ₂₄	0,42
IIB ₂₄	0,40
IIC ₁	0,41
IIC ₂	0,42
Média do Perfil	0,42

QUADRO 7 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₂. Frequências observadas.

Horizonte	Grau de Arredondamento								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Ap	-	-	-	18	17	15	-	-	-
B ₂₁	-	1	-	9	15	19	6	-	-
B ₂₂	-	-	7	10	18	15	-	-	-
B ₂₃	-	1	7	12	8	15	7	-	-
B ₃	-	3	1	15	20	11	-	-	-
IIC ₁	-	4	8	15	11	12	-	-	-
IIC ₂	-	5	10	15	11	9	-	-	-
IIC ₃	-	2	5	18	20	5	-	-	-
IIC ₄	-	4	4	15	16	11	-	-	-
IIC ₅	-	3	8	21	10	8	-	-	-

QUADRO 8 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₂.

Horizonte	Médias
Ap	0,49
B ₂₁	0,54
B ₂₂	0,48
B ₂₃	0,58
B ₃	0,47
IIC ₁	0,44
IIC ₂	0,41
IIC ₃	0,44
IIC ₄	0,45
IIC ₅	0,42
Média do Perfil	0,47

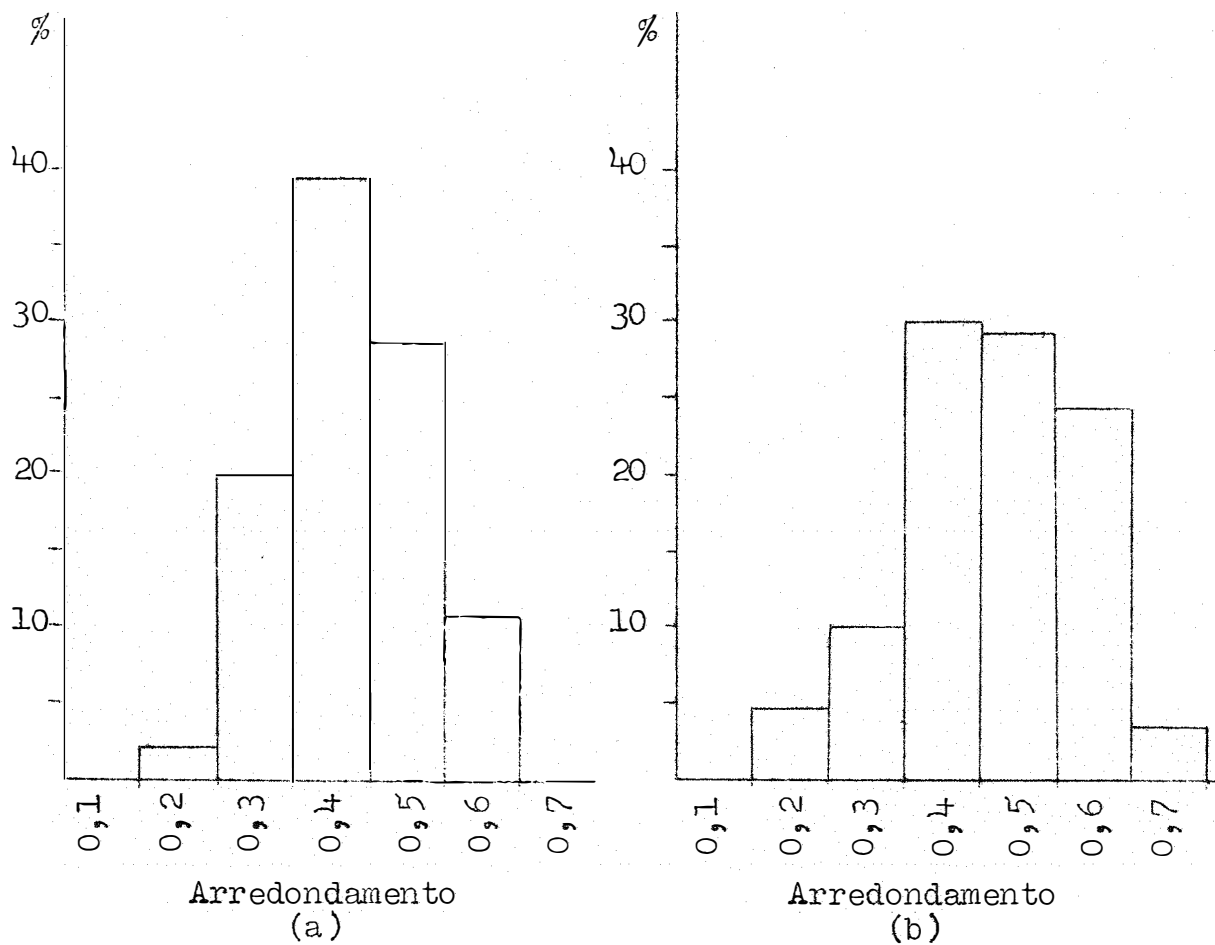


Figura 12 - (a) Histograma do arredondamento para o perfil P_1
(b) Histograma do arredondamento para o perfil P_2

QUADRO 9 - Percentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do Perfil P₁.

Fração	Horizontes										
	Ap	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	IIB ₂₄	IIB ₂₄	IIC ₁	IIC ₂	IIC ₃	IIC ₄	IIC ₅
Leve	95,00	94,32	93,83	93,22	92,63	90,32	93,53	94,57			
Pesada	5,00	5,68	6,17	6,78	7,37	9,68	6,47	5,43			

QUADRO 10 - Percentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do Perfil P₂.

Fração	Horizontes									
	Ap	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	IIC ₁	IIC ₂	IIC ₃	IIC ₄	IIC ₅	IIC ₅
Leve	86,75	89,60	90,33	89,58	89,62	87,87	89,26	88,30	89,79	89,13
Pesada	13,25	10,40	9,67	10,42	10,38	12,13	10,74	11,70	10,21	10,87

dando perfis de solos situados sobre a formação Botucatu no Município de Piracicaba, S.P., constatou serem eles muito pobres em minerais pesados, com quantidades geralmente inferiores a 0,2%. Apenas no perfil da série Cruz Alta, onde observou os maiores teores, alguns horizontes ultrapassaram àquela quantidade. O Quadro 11 dá a distribuição das frações leves e pesadas obtidas pelo referido autor.

QUADRO 11 - Médias em percentagem, de minerais leves e pesados da areia fina de solos situados sobre a formação Botucatu, MARCONI (1969, quadro 32).

Fração	S é r i e					
	Anhumas	Cruz Alta	Ibitiruna	Paredão Vermelho	Ribeirão Claro	Saltilho
Leve	99,85	99,80	99,89	99,90	99,92	99,89
Pesada	0,15	0,20	0,11	0,10	0,08	0,11

5.3.1. Fração leve

No exame microscópico foi verificada a presença de quartzo em todas as granulações. A ocorrência, em algumas lâminas, de pequena percentagem de aglomerados de material muito fino, principalmente na fração areia muito fina, verificada por alguns autores (ANNA MARIA V. DE CARVALHO, 1954) não foi aqui observada, o que era de se esperar diante dos tratamentos preliminares de dispersão. A ocorrência, na maioria das vezes, de películas avermelhadas envolvendo grãos de quartzo (ANNA MARIA V. DE CARVALHO, 1954) também não foi observada, comprovando ter sido eficiente o tratamento preliminar das amostras pelo método do ditonito-citrato.

A moscovita raramente foi observada, a não ser em traços no horizonte IIC₅ do perfil P₂.

5.3.2. Fração pesada

5.3.2.1. Minerais opacos

Entre estes, predominou a magnetita. A ocorrência da mesma em elevada quantidade, sugeriu a contaminação pelo diabásio, cujo afloramento ocorre nas proximidades.

5.3.2.2. Minerais transparentes

Fez-se a contagem no material de 100 a 50 microns para todas as amostras, num total de 56 lâminas. As composições quali e quantitativas dos minerais pesados nesta granulção, estão apresentadas nos Quadros 12, 13, 14 e 15.

Segundo Boswell (PETTIJOHN, 1949) os minerais pesados são excepcionalmente úteis como indícios da natureza da rocha matriz, sendo que alguns deles são específicos para um determinado tipo de rocha matriz.

KRYNINE (1946) estudando turmalinas, reconheceu 13 subespécies desse mineral, tendo descrito cinco grupos especiais: (1) turmalina granítica, (2) turmalina pegmatítica, (3) turmalina de metamorfismo de baixo grau, (4) turmalina sedimentar autógena e (5) turmalina de sedimentos retrabalhados. Cada tipo tem propriedades ópticas e morfológicas diagnósticas, que permitem reconhecer e interpretar corretamente a proveniência do sedimento.

QUADRO 12 - Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₁.

Minerais	H o r i z o n t e s						
	Ap	B 21	B 22	B 23	IIB 24	IIB 24	IIC 1 IIC 2
Zirconita	496	404	229	233	345	315	290 135
Turmalina	59	24	23	47	16	6	19 9
Rutilo	50	37	15	29	44	55	34 16
Estaurolita	24	10	10	15	6	9	7 2
Titanita	5	--	--	--	--	3	-- 1
Biotita	1	1	--	--	--	--	-- --
Cianita	--	--	--	--	--	1	-- --
Total de grãos	635	476	287	324	411	389	350 163

QUADRO 13 - Frequência em percentagem, de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₁.

Minerais	Horizontes						
	Ap	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	IIB ₂₄	IIB ₂₄	IIC ₁ IIC ₂
Zirconita	78,11	84,87	79,79	71,91	83,94	80,97	82,85 83,45
Tumalina	9,29	5,04	8,01	14,50	3,89	1,54	5,42 5,52
Rutilo	7,87	7,77	5,22	8,95	10,70	14,13	9,71 9,20
Estaurolita	3,77	2,10	6,98	4,64	1,47	2,31	2,02 1,22
Titanita	0,78	-	-	-	-	0,77	- 0,61
Biotita	0,18	0,22	-	-	-	-	- -
Cianita	-	-	-	-	-	0,28	- -

QUADRO 14 - Frequência de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Minerais	H o r i z o n t e s										
	Ap	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₃	IIC ₁	IIC ₂	IIC ₂	IIC ₃	IIC ₄	IIC ₅
Zircônia	13	64	83	117	69	137	95	95	23	74	41
Turmalina	4	9	1	8	3	4	-	-	1	1	4
Rutilo	-	11	14	26	11	17	6	6	4	16	6
Estaurolita	-	1	2	1	4	-	-	-	-	-	-
Cianita	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
Andaluzita	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apatita	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Epídoto	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Biotita	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Titanita	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Total de grãos	20	85	101	155	87	161	102	102	28	91	51

QUADRO 15 - Frequência, em percentagem, de minerais pesados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Minerais	H o r i z o n t e s									
	Ap	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₃	IIC ₁	IIC ₂	IIC ₃	IIC ₄	IIC ₅
Zirconita	65,00	75,29	82,17	75,48	79,31	85,09	93,13	82,14	81,31	80,39
Turmalina	20,00	10,58	0,99	5,16	3,44	2,48	-	3,58	1,11	7,84
Rutilo	-	12,94	13,86	16,77	12,64	10,55	5,88	14,28	17,58	11,77
Estaurolita	-	1,19	1,98	0,65	4,61	-	-	-	-	-
Cianita	5,00	-	-	-	0,65	0,62	-	-	-	-
Andaluzita	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apatita	-	-	1,02	1,29	-	-	-	-	-	-
Epídoto	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-	-
Biotita	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-	-
Titaniata	-	-	-	-	-	-	0,99	-	-	-

POLDERVAART (1955) estudando a ocorrência de zirconita em rochas sedimentares, e comparando-as com sua distribuição em rochas ígneas, constatou que, a forma em relação ao tamanho, era mais importante que outras variáveis. Quanto maior a zirconita, tanto mais arredondada, se sedimentar.

Segundo a proveniência dos minerais pesados, PETTIJOHN (1949) formulou as seguintes relações:

<u>Mineral pesado</u>	<u>Proveniência</u>	<u>Minerais associados</u>
turmalina arredondada	sedimentos retrabalhados.	rutilo, zirconita arredondada.
estauroлита	metamorfismo de alto grau: xistos e gnaisses.	moscovita e biotita, epidoto, cianita, andaluzita, magnetita.
zirconita	sedimentos retrabalhados; rochas de alto grau de metamorfismo; rochas ígneas ácidas.	em rochas metamórficas: magnetita, estauroлита, cianita, epidoto, andaluzita, moscovita e biotita. em rochas ígneas ácidas: titanita, zirconita, euhedral, magnetita, apatita, biotita, moscovita.
rutilo	sedimentos retrabalhados; rochas ígneas básicas.	ilmenita e magnetita.

Ainda segundo PETTIJOHN (1949) em rochas sedimentares a ocorrência de minerais pesados estáveis, com alto grau de arredondamento, indica que sedimentos pré-existentes foram retrabalhados. Na pesquisa realizada, turmalina, zirconita e rutilo parecem preencher as condições citadas (figura 13.a,b,c).



Figura 13.a - Zirconita e rutilo.
(300x)



Figura 13.b - Zirconita e turmalina
(300x)

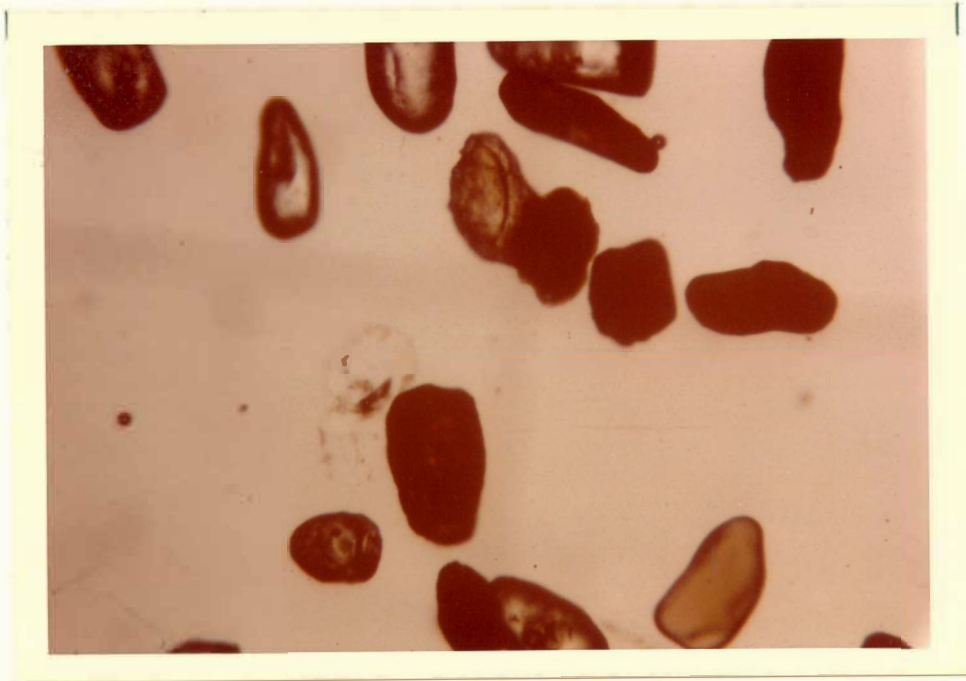


Figura 13.c - Zirconita, turmalina e
rutilo. (300x)

BJORNBERG (1965), estudando uma área de aproximadamente 13.000 km² no Estado de São Paulo, entre a Serra da Mantiqueira e os planaltos do interior, tendo como limites, ao norte Mococa e ao sul Campinas, observou que turmalina, zirconita e estaurolita apareciam juntas principalmente numa faixa larga ao norte do Município de Iracemápolis. Cianita, silimanita, hornblenda e biotita ocupavam três faixas de direção NW, acompanhando a drenagem atual. Estes minerais foram encontrados em rochas de alto grau de metamorfismo regional, sendo que os dois últimos podem ocorrer em rochas ígneas ácidas. Silimanita, cianita e hornblenda são menos resistentes que turmalina, zirconita e estaurolita, podendo entretanto, inicialmente, estarem reunidas. Posteriormente, as três primeiras seriam destruídas por intemperismo ou retrabalhadas, sendo hoje encontradas em depósitos ou terraços de rios atuais. Segundo o mesmo autor, ainda há outra possibilidade, que seria a da existência de fontes de diferentes composições mineralógicas, para explicar a disposição dos minerais pesados. Turmalina, estaurolita e zirconita poderiam ter provindo tanto do flanco E da Serra Geral, como do flanco W da Serra da Mantiqueira, dos sedimentos mais antigos que capeariam o complexo cristalino nessa época. Esgotados estes últimos, a drenagem teria se encaixado em rochas pré-cambrianas, daí retirando a hornblenda, silimanita e cianita.

Das amostras estudadas por BJORNBERG (1965), 13 correspondiam ao Arenito Botucatu, situando-se a NW do Município de Iracemápolis. A frequência dos minerais transparentes encontrados pelo autor, está apresentada no Quadro 16.

As médias percentuais, dos minerais da fração pesada, obtidas por MARCONI (1969, quadro 33) para solos situados sobre a formação Botucatu, estão apresentadas no Quadro 17.

QUADRO 16 - Frequência de minerais pesados no arenito Botucatu (BJORNBERG, 1965, Tabela VI).

Localização	M i n e r a i s					
	Turma lina	Estauo lita	Zircó nita	Biotita	Silima nita	Cianita Granada
Km 11, Rio Claro-São Carlos	12	12	6	2	2	1
Km 190 + 90m, Rio Claro - São Carlos	8	14	-	47	-	-
Km 190 + 98m, Rio Claro - São Carlos	5	1	1	8	-	-
Km 190 + 99m, Rio Claro - São Carlos	31	32	5	-	-	-
Km 190 + 100m, Rio Claro - São Carlos	2	7	-	88	-	-
Km 194 + 300m, Rio Claro - São Carlos	23	-	6	-	-	-
Km 4, Corumbataí-Analândia	26	30	4	-	-	-
Km 9 + 300m, Analândia-Corumbataí	12	19	7	-	1	-
Km 9 + 300m, Analândia-Corumbataí	9	24	4	-	2	-
Km 2 + 200m, Itirapina-Ubá	21	18	-	-	-	-
Faz. Ubá, 9 Km - Sul de Itirapina	21	14	5	1	-	-
Faz. Ubá, 9 Km - " "	12	71	4	1	-	-
Km 147 + 526m, Estrada de Ferro Paulista entre Camaquã e Batovi	17	18	2	-	-	2

QUADRO 17 - Médias, em percentagem, de minerais pesados da areia fina de solos situa - dos sobre a formação Botucatu (MARCONI, 1969, Quadro 33).

Minerais	S é r i e					
	Anhumas	Cruz Alta	Ibitiruna	Paredão Vermelho	Ribeirão Claro	Saltinho
Estaurolita	37,1	38,4	36,6	20,5	24,8	16,3
Tumalina	29,3	27,8	27,4	28,5	22,6	34,8
Zircônita	6,3	4,1	5,0	4,2	3,9	7,2
Minerais opacos	25,8	29,1	30,3	46,1	48,3	41,0
Outros minerais	1,5	0,6	0,7	0,7	0,4	0,7

Comparando-se os resultados obtidos por BJORNBERG (1965) e MARCONI (1969) com os deste trabalho, verifica-se que: estaurolita e turmalina são os minerais dominantes no Arenito Botucatu e solos dele derivados, enquanto que para as amostras de solo, objeto deste estudo, o mineral dominante é a zirconita; apenas no horizonte B₂₂ do perfil P₁, a estaurolita atingiu um máximo de 7%, estando ausente em vários horizontes do perfil P₂. Mais uma vez esses resultados parecem discordar das afirmações de RANZANI et al (1968) que atribuíram origem eólica ao material de origem deste solo.

5.3.2.3. Descrição e distribuição dos minerais

Andaluzita

Traços foram encontrados no horizonte Ap do perfil P₂, estando ausente no P₁. Naquele, apresentou-se com forma irregular, coloração rosa-pálido a incolor, pleocroísmo pouco acentuado.

Apatita

Identificada no horizonte B₂₂ e B₂₃ do perfil P₂, estando ausente no P₁. Ocorreu na forma de grãos arredondados e de cor clara.

Biotita

Encontrada nos dois perfis, embora em pequeno número de grãos: no perfil P₁, nos horizontes Ap e B₂₁, e no P₂ no horizonte IIC₁. Os grãos eram mais ou menos arredondados, de coloração esverdeada e pleocróicos.

Cianita

Encontrada também nos dois perfis, ocorrendo no horizonte IIB₂₄ do perfil P₁ e nos horizontes Ap, B₃ e IIC₁

do P_2 . Os grãos eram arredondados, apresentando no entanto, ângulos reentrantes, incolores e com linhas de partição.

Epídoto

Ausente no perfil P_1 , aparecendo em traços no horizonte IIC_1 do P_2 . Forma irregular, coloração esverdeada, pouco pleocróico.

Estaurolita

Embora não tenha sido comum em todos os horizontes do perfil P_2 , apareceu com alguma frequência no P_1 . Constituiu, em média, para os dois perfis, 1,95% dos minerais pesados identificados. Em geral, ocorreu ~~sob a forma~~ de grãos arredondados ou subangulares, irregulares na forma e de cor amarelo-alaranjado, com acentuado pleocroísmo. As superfícies dos grãos apresentaram-se muito variáveis.

Rutilo

Com exceção do horizonte Ap do perfil P_2 , ocorreu em todos os outros. Constituiu, em média, para os dois perfis, 10,40% dos minerais pesados identificados. Ocorreu geralmente, como grãos irregulares, prismas e forma geniculada, nas cores amarelo a amarelo-alaranjado, e vermelho a vermelho escuro. Em luz refletida apresentou-se com brilho adamantino e coloração avermelhada. Grãos com estas características são típicos de rochas metamórficas (MILNER, 1962).

Titanita

Presente nos dois perfis, embora na forma de traços no horizonte IIC_2 do P_2 , e nos horizontes Ap , IIB_{24} inferior e IIC_2 do P_1 . Apresentou-se na forma de cunha e cor amarelada.

Turmalina

Comum aos dois perfis, com exceção do horizonte IIC₂ do perfil P₂. Constituiu, em média, para os dois perfis, 6,08% do valor observado. Embora não se tenha feito um estudo de seu arredondamento, os grãos eram bem arredondados. As cores predominantes foram marrom, verde e azul, sendo, o pleocroísmo, acentuado.

Zirconita

Como pôde ser visto nos Quadros 13 e 15, a proporção de zirconita foi relativamente grande, e comum aos dois perfis, constituindo, em média, 80,33% dos minerais pesados identificados. Ocorreu em variadas formas, desde angulares até arredondadas, e embora a maioria dos grãos fossem claros, alguns apresentaram-se embaçados. Os cristais bem formados pareceram ser prismas com terminações visualmente bipiramidais, embora alguns mostrassem simples pirâmides.

5.4. Descontinuidades litológicas

As figuras 14 e 15 mostram as variações com a profundidade, do índice Z/T + R para os perfis P₁ e P₂, respectivamente. Tanto para o perfil P₁ como para o P₂, pode-se observar que estes índices atingem dois pontos de máximo. Para o perfil P₁ esses pontos se localizam a 28-75cm e 216-256cm e, para o P₂ a 55-85cm e 235-310cm de profundidade.

Já na descrição morfológica feita por SOUZA (1971) constatou-se a presença de uma linha de seixos à profundidade de 256-306cm para o perfil P₁, e na de 115-155cm para o P₂. Estes pontos de descontinuidade litológica situam-se junto a pontos de mínimo, logo após um máximo (figuras 14 e 15), coincidindo com aqueles obtidos por RUHE (1958).

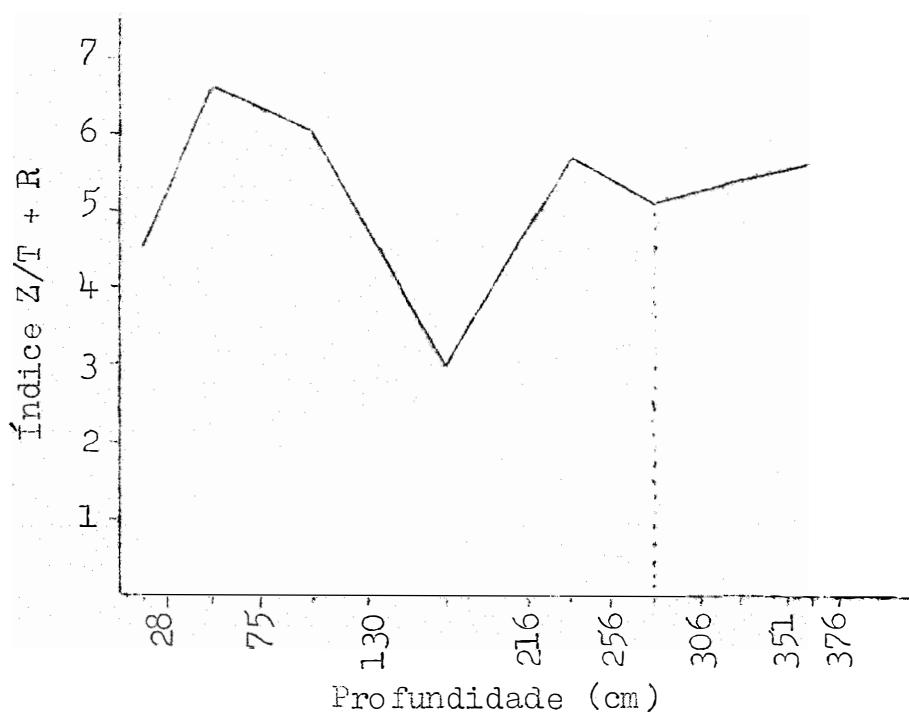


Figura 14 - Variação do índice $Z/T + R$ de acordo com a profundidade para o perfil P_1 . (Z = zirconita; T = turmalina; R = rutilo).

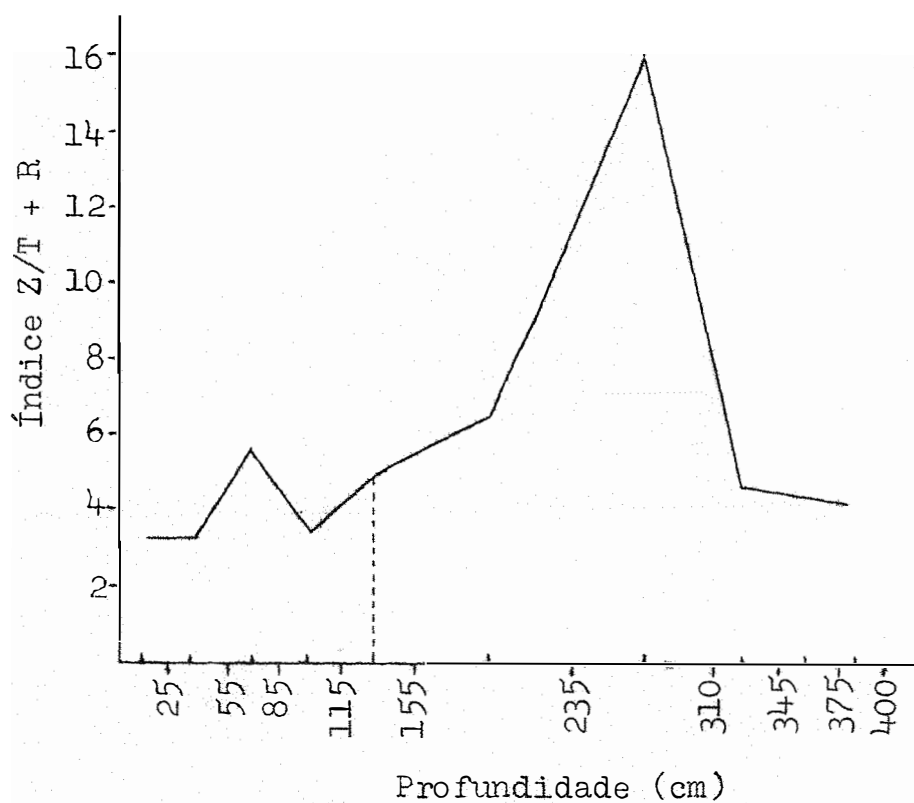


Figura 15 - Variação do índice $Z/T + R$ de acordo com a profundidade para o perfil P_2 . (Z = zirconita; T = turmalina; R = rutilo).

Os pontos de mínimo a 130-216cm no perfil P_1 e 345-375cm no P_2 sugerem a ocorrência de um segundo ponto de descontinuidade litológica. A figura 16, para o perfil P_1 (índice Z/E) e a figura 17 (índice Z/R) para o perfil P_2 , parecem confirmar tal hipótese, que se alicerça em afirmações de BREWER (1964).

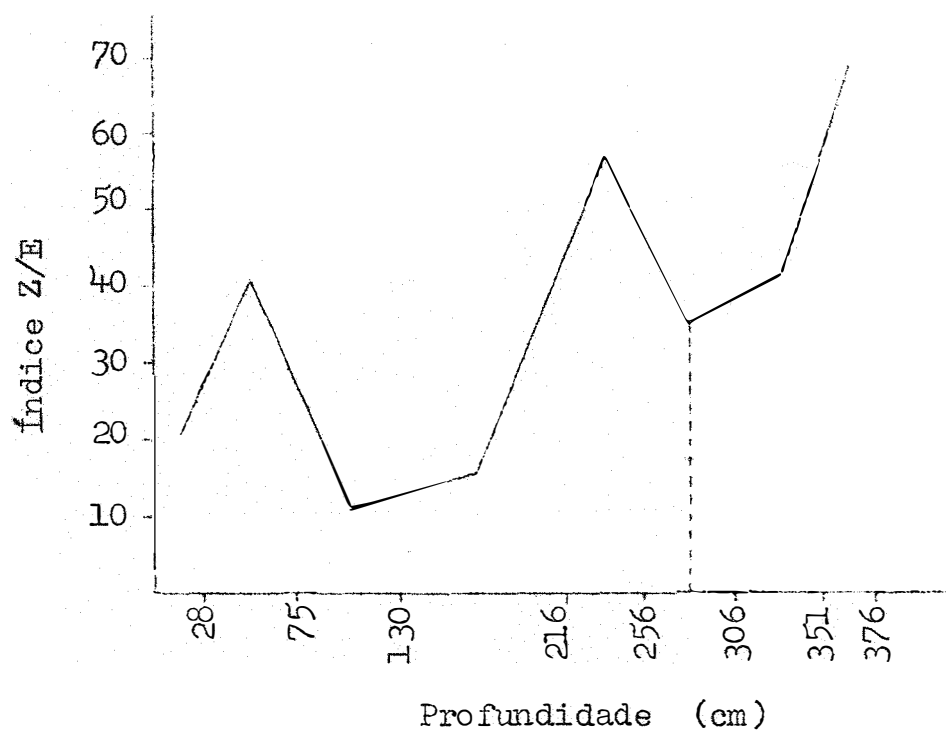


Figura 16 - Variação do índice Z/E de acordo com a profundidade para o perfil P₁. (Z = zirconita; E = estaurólita)

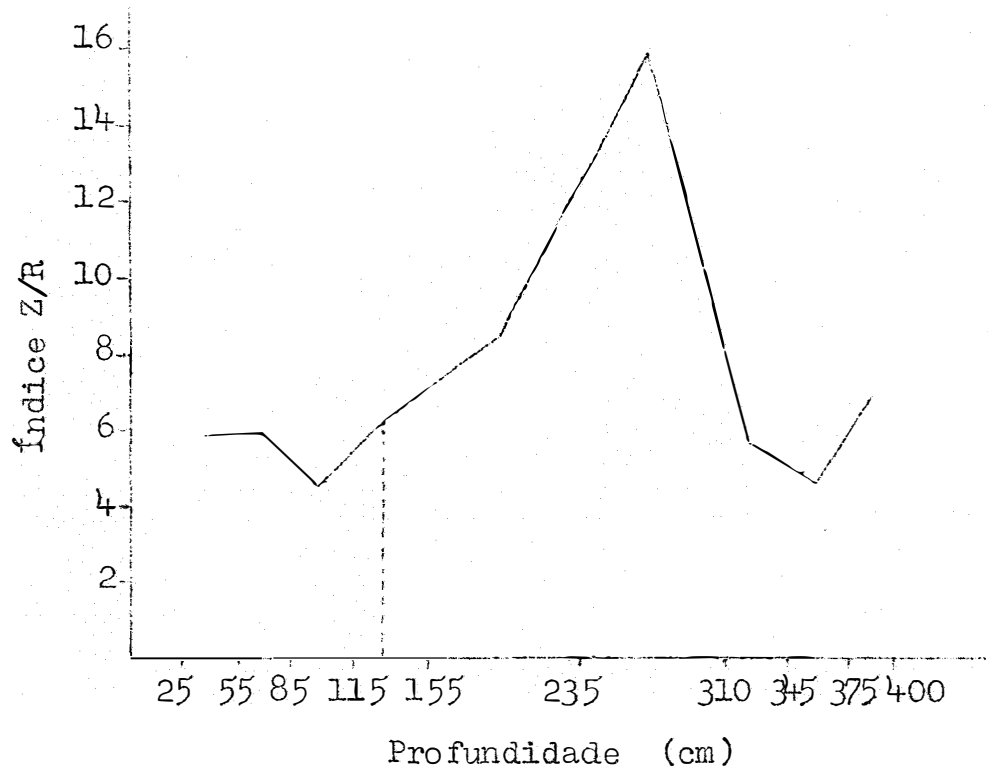


Figura 17 - Variação do índice Z/R de acordo com a profundidade para o perfil P₂. (Z = zirconita; R = rutilo)

6. CONCLUSÕES

6.1. Na área de levantamento dos perfis, a origem da linha de seixos deveu-se a processos de erosão e sedimentação seguindo a rede de drenagem atual, de acordo com os critérios formulados por RUHE (1958).

6.2. O solo da série Morro Azul teria se formado a partir de sedimentos retrabalhados provindos da formação Corumbataí, a montante, e não do Arenito Botucatu, contrariando pois as afirmações de RANZANI et al (1968).

6.3. A análise granulométrica, comparada com as obtidas por BJORNBERG (1965) em vasta região circunvizinha a Iracemápolis, evidenciou uma discordância com aquelas de sedimentos eólicos.

6.4. Os resultados granulométricos calculados para as amostras dos perfis da série Morro Azul em estudo, se aproximaram melhor da curva padrão obtida, segundo LOHSE (1955)

e PETTIJOHN (1949), para a formação Corumbataí, discordando daquela para o Arenito Botucatu.

6.5. Os índices de arredondamento encontrados para os grãos de quartzo foram inferiores àqueles obtidos para sedimentos eólicos (ANNA MARIA V. DE CARVALHO, 1954) e solos dele derivados (MARCONI, 1969). Para o perfil P₁ a média de arredondamento foi 0,42 e para o P₂, 0,47. As médias de arredondamento obtidas em todos os horizontes, permitiram considerá-lo como mineral arredondado. No entanto, os limites dos índices para sedimentos eólicos e aquosos não foi verificado por falta de tabelas com tais indicações.

6.6. As percentagens de minerais pesados foram altas quando comparadas com as de solos formados sobre o Arenito Botucatu. Enquanto que o valor mínimo encontrado foi de 5%, MARCONI (1969) encontrou um máximo de 0,22% em solos formados sobre o arenito eólico no Município de Piracicaba. No entanto, por falta de dados na literatura não foi possível uma comparação com os sedimentos da formação Corumbataí.

6.7. A fração pesada dos dois perfis de solo estudado possui composição mineralógica simples e formada essencialmente pelos minerais estáveis: zirconita, rutilo, turmalina e opacos, com predominância destes últimos. Entre os minerais transparentes, a zirconita foi predominante. A ocorrência de minerais mais estáveis e a composição mineralógica simples indicaram sedimentos mais estáveis.

6.8. O material de origem do solo em estudo formou-se à custa de rochas ígneas básicas (evidenciadas pela presença de rutilo, ilmenita e magnetita) e ácidas (presença de titanita, zirconita e apatita) com contribuições de rochas de alto grau de metamorfismo, dada a presença de minerais como estauroлита, epídoto, cianita e andaluzita.

6.9. No Arenito Botucatu (ANNA MARIA V. DE CARVALHO, 1954) e solos dele derivados (MARCONI, 1969) os minerais dominantes foram a estaurolita e turmalina, enquanto que para as amostras de solo, objeto deste estudo, o mineral dominante foi a zirconita, discordando das afirmações de RANZANI et al (1968) que atribuíram origem eólica ao material de origem deste solo.

6.10. A ocorrência de opacos (ilmenita e magnetita) em quantidade elevada seria **devida à contribuição** do diabásio cujo afloramento ocorre nas proximidades.

6.11. Tanto no perfil P_1 como P_2 as relações $Z/T + R$ apresentam dois pontos de mínimo, indicativos de descontinuidades litológicas relacionadas ou não a linha de seixos.

7. RESUMO

O propósito deste trabalho foi o de identificar o material de origem e verificar a presença de descontinuidade litológica de dois perfis de solo da série Morro Azul, pertencente ao grande grupo Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa, de ocorrência no Município de Itacemópolis, SP.

A fração areia dominante, isto é, a fração muito fina, foi a escolhida para o estudo sendo subdividida pelo tetrabromoetano (peso específico = 2,90) em duas subamostras: (1) minerais leves, com peso específico menor que 2,90; (2) minerais pesados, com peso específico maior que 2,90.

A subamostra contendo os minerais leves foi usada para o estudo do arredondamento dos grãos de quartzo, pela técnica de comparação visual proposta por KRUMBEIN (1941). A composição mineralógica quali e quantitativa da fração pesada foi determinada pelos métodos petrográficos padrões.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões principais: (a) os perfis de solo da série Morro Azul são provavelmente derivados de sedimentos retrabalhados da formação Corumbataí; (b) os perfis estudados apresentaram dois pontos de descontinuidade litológica, indicados pelos índices de intemperismo.

8. SUMMARY

This study was conducted with the objective of determining the parent material and the presence of lithological discontinuity of two complete profiles taken from Morro Azul series, a Red Yellow Latosol-sandy phase occurring in the Iracemapolis municipality.

Very fine sand, the dominant sand, was the size fraction selected for study. Samples of this material were obtained from each individual horizon of the two profiles under study. Each sand fraction was subdivided using tetra-bromo-ethane (sp.gr. 2.90) into two sub-samples as follows: (1) light minerals with specific gravity less than 2.90; (2) heavy minerals with specific gravity greater than 2.90.

The sub-sample containing light minerals was used to determine roundness of quartz grains according to KRUMBEIN's (1941) technique of visual comparison. Qualitative

and quantitative mineral composition of the sub-sample containing heavy minerals was determined through standard petrographic procedure.

The results obtained led to the following main conclusions: (1) Morro Azul soil series is probably derived from reworked sediments of the Corumbataí formation; (2) the profiles under study presented two points of lithological discontinuity as indicated by their respective weathering indexes.

9. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALMEIDA, F.F.M. 1953. Botucatu, um deserto triássico da América do Sul. Div. Geol. Min. D.N.P.M.-M.A. nº 86, 21 pp. Rio de Janeiro - GB.
- ALMEIDA, F.F.M. e BARBOSA, O. 1953. Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro, S.P. D.G.M.-D.N.P. M., bol. 143.
- BJORNBERG, A.J.S. 1965. Sedimentos pós-cretácicos do leste do Estado de São Paulo. Tese apresentada no Concurso de Livre Docência da Esc. Eng. de São Carlos-USP 133 pp. (mimeografado)
- BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. John Wiley and Sons, Inc., New York. xiii, 470 pp.
- BUCKHANNAN, W.H. and HAM, W.E. 1941. Preliminary investigations of heavy mineral criteria as an aid in the identification of certain soils in Oklahoma. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6: 63-67.

- CAMARGO, T. e VAGELER, P. 1937. Analyse de Solos (II):
1. Analyse Mineralogica. Bol. Téc. nº 31 do Inst.
Agron. de Campinas. 22 pp.
- CARROLL, DOROTHY. 1936. Heavy mineral assemblages of
soils from the gold fields of Western Australia. Geol.
Mag. 73: 503-511.
- _____. 1938. Recording the results of heavy
mineral analysis. Jour. Sed. Petrol. 8: 3-9.
- CARVALHO, ANNA MARIA V. DE. 1954. Contribuição ao estu
do petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São
Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol. 3(1): 51-72.
- DEMATTE, J.L.I., TEIXEIRA MENDES, A.C. e GERALDI FILHO, L.
1972. Ocorrência de montmorilonita em alguns solos
desenvolvidos do Arenito de Botucatu. Anais da E.S.A.
"Luiz de Queiroz" Vol. 30. (no prelo)
- FREITAS, R.O. 1953. Sedimentação, estratigrafia e
tectônica da série Bauru (SP). Bol. nº 194, Geol. nº
14. Fac. Fil. Ciên. Letras - USP. 185 pp.
- HART, R. 1929.a. Studies in the geology and mineralogy
of soils. I: A detailed study of a region
characterized by diverse rocks and partly covered by
glacial drift. Jour. Agri. Sci. 19: 90-105.
- _____. 1929.b. Studies in the geology and mineralogy
of soils. II: Soils of south-east Scotland. Jour.
Agri. Sci. 19: 802-813.
- HARRISSON, J.B. 1934. The katamorphism of igneous
rocks under humid tropical conditions. Imp. Bur. Soil
Sci., Harpenden.

HASEMAN, J.F. and MARSHALL, C.E. 1945. The use of heavy minerals in studies of the origin and development of soils. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bul. 387. 75 pp.

HENDRICK, J. and NEWLANDS, G. 1923. The value of mineralogical examination in determining soil types, with a method of examination and a comparison of certain english and scottish soils. Jour. Agri. Sci. 13: 1-17.

_____. 1925. The mineralogical composition of some scottish soils. Jour. Agri. Sci. 15: 257-271.

_____. 1927. The mineral composition of the soil as a factor in soil classification. First Int. Cong. Soil Sci. Proc. 4: 104-107.

JACKSON, M.L., TYLER, B.A., WILLES, A.L., BOURBEAU, G.A. and PENNINGTON, R.P. 1948. Weathering sequence of clay size minerals in soils and sediments. I: Fundamental generalization. Jour. of Phys. and Colloid Chemistry 52: 1237-1260.

JACKSON, M.L. 1956. Soil chemical analysis. Advanced Course. Pub. by the author. Dept. of Soils. Univ. of Wisc., Madison. Wisc. U.S.A. (mimeografado).

JEFFRIES, C.D. 1937. The mineralogical composition of the very fine sands of some Pennsylvanian soils. Soil Sci. 43: 357-366.

_____. 1941. A method of preparing soils for petrographic analysis. Soil Sci. 52: 451-454.

JEFFRIES, C.D. and WHITE, J.W. 1937. Some mineralogical and chemical characteristics of a Hagerstown soil profile. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 2: 133-141.

_____. 1938. Variations in the composition of feldspar from a Hagerstown soil profile. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 3: 26-31.

_____. 1940. Some mineralogical characteristics of limestone soils of different localities. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5: 304-308.

KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J. 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York. 549 pp.

KRUMBEIN, W.C. 1941. The effects of abrasion on the size, shape and roundness of rock fragments. Jour. Geol. 49(5): 449-482.

KRYNINE, P.D. 1946. The tourmaline group in sediments. Jour. Geol. 54(2): 65-87.

LOHSE, E.A. 1955. A theoretical curve for statistical analysis of sediments. Jour. Sed. Petrol. 25(4): 293-296.

MARCONI, A. 1969. Contribuição ao estudo da mineralogia de solos do Município de Piracicaba. Tese de Doutorado apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. 101 pp. (mimeografado)

MARSHALL, C.E. 1941. A petrographic method for the study of soil formation processes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5: 100.

- MELFI, A.J., GIRARDI, V.A.V. e MONIZ, A.C. 1966. Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" em Campinas. *Bragantia* 25: 9-30.
- MENESES LÔBO, A.E. 1971. Descontinuidade litológica de alguns solos da região de Piracicaba. Dissertação apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP para obtenção do título de Mestre. 65 pp. (mimeografado)
- MEZZALIRA, S. 1965. Descrição geológica e geográfica das folhas de Piracicaba e São Carlos, S.P., Inst. Geog. Geol. Bol. nº 43. 41 pp.
- MILNER, H.B. 1962. *Sedimentary Petrography*. George Allen and Unwin Ltd. London, England 4^a. ed., 2 Vols. 1358 pp.
- PETTIJOHN, F.J. 1949. *Sedimentary Rocks*. Harper & Brothers, Pub. New York. 526 pp.
- POLDERVAART, A. 1955. Zircons in rocks, pt. 1, sedimentary rocks. *Am. Jour. Sci.* 253: 433-461.
- RANZANI, G., KINJO, T., FREIRE, O., FRANÇA, G.V., MARCOS, Z.Z. e DEMATTÊ, J.L.I. 1968. Carta de Solos do Município de Iracemápolis. Bol. Téc. nº 33. ESALQ-USP, Piracicaba - SP.
- RUBBY, W.W. 1933. The size distribution of heavy minerals within a water-laid sandstone. *Jour. Sed. Petrol.* 3: 3-29.
- RUHE, R.V. 1958. Stone lines in soils. U.S.D.A. *Soil Sci.* 87: 223-231.

- SEALE, R.S. 1956. The heavy minerals of some soils from the Neighbourhood of Cambridge, England. Jour. of Soil Sci. 7(2): 307-318.
- SETZER, J. 1960. Identificação de sills de diabásio de compostos. Soc. Bras. Geol. 9(1): 63-70.
- SMITHSON, F. 1953. The micro-mineralogy of north wales soils. Jour. Soil Sci. 4: 194-210.
- SOIL SURVEY STAFF. 1962. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook nº 18. Soil Conservation Service.
- _____. 1967. Supplement to soil classification system (7th Approximation). Second Printing. Soil Conservation Service. U.S.D.A. 207 pp.
- SOUZA, J.J. 1970. Relatório nº 3 enviado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Rio de Janeiro, GB. 13 pp.
- _____. 1971. Estudo pedológico de perfis de solos da região de Iracemápolis. Dissertação apresentada à E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, para obtenção do título de Mestre. 100 pp. (mimeografado)
- TEIXEIRA MENDES, A.C. 1970. Dispersão de amostras de solos minerais. Pub. pelo autor, Deptº de Solos e Geologia - ESALQ-USP. 47 pp. (mimeografado)
- WATSON, J.P. 1965. A soil catena on granite in Southern Rhodesia. Jour. of Soil Sci. 16:(1): 158-169.