

MINERALOGIA E GRANULOMETRIA DE DOIS
LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO-ORTO DA
SERRA DA MANTIQUEIRA, S. P.

RAUL DE BRITO KÜPPER

Orientador: Dr. ARARY MARCONI

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Junho, 1978

À minha esposa

Ao meu filho

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Arary Marconi, pela orientação e apoio.

Ao Professor Eduardo Augusto Salgado, pelo auxílio na identificação dos minerais.

À Professora Heloisa Helena Godinho Salgado Küpper, pela revisão e sugestões do texto.

Ao Professor Romildo Miranda, pelo apoio constante no transcorrer do trabalho.

À Fundação Pinhalense de Ensino, pelas condições oferecidas à realização deste trabalho.

Ao Dr. A. Carvalho e Dr. C. L. Rota, pela cessão das amostras.

Ao Geraldo Luiz Negri, pela datilografia e impressão.

E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	página
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	5
4. MATERIAL	18
4.1. <u>Características gerais da área.</u>	18
4.1.1. Localização.	18
4.1.2. Relevo	18
4.1.3. Geologia	20
4.2. <u>Solos</u>	20
4.2.1. Perfil Atibaia	20
4.2.2. Perfil Santo Antonio do Jardim	24
4.3. <u>Instrumental.</u>	27
4.3.1. Peneiras	27
4.3.2. Microscópio.	27
5. MÉTODOS.	29
5.1. <u>Amostragem.</u>	29
5.2. <u>Análise Granulométrica.</u>	30
5.3. <u>Preparo das amostras.</u>	30
5.3.1. Separação da fração areia total.	30
5.3.2. Eliminação da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres	31
5.3.3. Separação da fração pesada e monta-- gem das lâminas.	31

5.4. <u>Análise mineralógica</u>	32
5.5. <u>Arredondamento</u>	33
5.6. <u>Análise estatística</u>	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1. <u>Análise granulométrica</u>	34
6.1.1. Diâmetro médio (M_z).	46
6.1.2. Desvio padrão (σ_I)	46
6.1.3. Assimetria (S_{KI})	47
6.1.4. Curtose (K_G)	48
6.1.5. Considerações gerais	49
6.2. <u>Análise mineralógica</u>	50
6.2.1. Descrição dos minerais	50
6.2.2. Perfil Atibaia	52
6.2.3. Perfil S. A. Jardim.	59
6.2.4. Comparação entre os perfis Atibaia e S. A. Jardim	65
6.3. <u>Arredondamento</u>	67
7. CONCLUSÕES	72
8. SUMMARY.	74
9. BIBLIOGRAFIA	76

LISTA DE TABELAS

Tabela	página
1. Análise granulométrica dos Solos Estudados . . .	35
2. Granulometria da fração areia, recalculada a 100%	36
3. Valôres dos parâmetros estatísticos, calculados- segundo FOLK e WARD(1975), utilizando a escala ϕ	37
4. Porcentagem de minerais leves e pesados da fra- ção areia muito fina do Perfil Atibaia.	53
5. Frequência dos minerais pesados da fração areia- muito fina do Perfil Atibaia.	54
6. Porcentagem dos minerais pesados do Perfil Ati- baia.	55
7. Porcentagem de minerais leves e pesados da fra- ção areia muito fina do Perfil S. A. Jardim . .	60
8. Frequência dos minerais pesados da fração areia muito fina do Perfil S. A. Jardim.	61
9. Porcentagem dos minerais pesados do Perfil S.A. Jardim.	62
10. Arredondamento dos grãos de quartzo da fração - areia muito fina do Perfil Atibaia.	68
11. Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do Perfil S. A. Jardim	69

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1. Localização dos municípios de Santo Antonio do Jardim e Atibaia no Estado de São Paulo	19
2. Localização do Perfil Atibaia no município de Atibaia	21
3. Localização do Perfil Santo Antonio do Jardim no município de Santo Antonio do Jardim	25
4. Curvas acumulativas dos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3 do Perfil Atibaia.	38
5. Curvas acumulativas dos horizontes B_1 , e B_{21} do Perfil Atibaia.	39
6. Curvas acumulativas dos horizontes B_{22} , B_{23} e B_3 do Perfil Atibaia.	40
7. Curvas acumulativas dos horizontes IIC_1 , IIC_2 e IIC_3 do Perfil Atibaia.	41
8. Curvas acumulativas dos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3 do Perfil S.A. Jardim	42
9. Curvas acumulativas dos horizontes B_1 , B_{21} e B_{22} do Perfil S.A. Jardim	43
10. Curvas acumulativas dos horizontes IIC_1 , e IIC_2 do Perfil S. A. Jardim.	44
11. Curvas de frequência de distribuição granulométrica do Perfil Atibaia	45

Figura	página
12. Curvas de frequência de distribuição granulométrica do Perfil S. A. Jardim.	45
13. Porcentagem de minerais opacos e transparentes nos horizontes.	56
14. Porcentagem de zirconita, turmalina e silimanita do Perfil Atibaia.	57
15. Relação Z/T do Perfil Atibaia	57
16. Porcentagem de minerais pesados do Perfil S.A. Jardim.	63
17. Relação zirconita/turmalina/silimanita dos perfis Atibaia e S. A. Jardim.	66

1. RESUMO

Em dois perfis de solos da região da Serra da Mantiqueira são estudados a granulometria e, na fração-areia muito fina (53 a 105 μ), a mineralogia do resíduo pesado e o arredondamento. Os solos são classificados como Latossolo vermelho amarelo orto e localizam-se, respectivamente, nos municípios de Atibaia e de Santo Antonio do Jardim, SP.

Os objetivos principais do trabalho são a caracterização do material de origem e a comparação entre os dois solos, baseada em semelhança morfológica previamente constatada.

Os resultados obtidos permitem concluir que os solos mostram semelhanças granulométricas e de arredondamento, mas, apesar da ocorrência dos mesmos minerais pesados, diferem quanto à sua quantidade. No perfil Atibaia,

há relativo equilíbrio entre zirconita, silimanita e turmalina, o que não ocorre no perfil Santo Antonio do Jardim , onde a predominância de zirconita é absoluta.

O material de origem deriva, em parte, de sedimentos mais antigos retrabalhados e, em parte, de rochas ígneas e metamórficas locais.

A possível presença de descontinuidades litológicas, sugerida pela relação zirconita/turmalina e por linhas de pedras que ocorrem nos perfis, não é confirmada pela granulometria e pelo arredondamento. Novos estudos, - nesse sentido, devem ser realizados em continuação ao atual.

2. INTRODUÇÃO

Os solos do estado de São Paulo, de uma maneira geral, têm sido estudados com relativa frequência, principalmente nesses últimos anos. Todavia, o mesmo interesse não tem sido dirigido aos solos situados na região de influência da Serra da Mantiqueira. Essa região, de formação geológica complexa e não muito bem conhecida, apresenta uma variação muito grande de solos, o que está a requerer um estudo mais acurado, com o objetivo de interpretar sua gênese e de classificá-los de modo adequado.

Atualmente, não se compreende o estudo de solos sem o apoio decisivo e indispensável da mineralogia, e da granulometria. Nesse aspecto, é de particular importância a fração areia dos solos, na qual é indispensável a caracterização qualitativa e quantitativa dos minerais que constituem o resíduo pesado. Os minerais pesados, pela sua

própria natureza e sua não ubiquidade nos solos, prestam-se especialmente ao estudo da gênese dos solos e constituem o objetivo essencial da mineralogia da fração areia.

A mineralogia e a granulometria são estudadas em dois Latossolos Vermelho Amarelo ortos, situados na região da Serra da Mantiqueira. A semelhança morfológica existente entre Latossolos da unidade Piqueri, situados no município de Atibaia, SP, classificados por CARVALHO et alii (1975) e Latossolos do município de Santo Antonio do Jardim, SP, classificados pela COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E. P.A. (1960), induziu à realização deste trabalho, com o fim de se verificar a similaridade genética desses solos. Para esse estudo, foram coletadas 19 amostras representativas de dois perfis, considerados modais, onde se procura a caracterização mineralógica e granulométrica e a verificação de possíveis descontinuidades litológicas, sugeridas pela presença de linhas de seixos em ambos os perfis.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Desde o início deste século, tem sido a mineralogia empregada nos estudos pedogenéticos, particularmente pelos holandeses e por Mc Caugley e Fry (JEFFRIES, 1937) na América. Entretanto, somente na década de 30 esses trabalhos se avolumaram, existindo, atualmente, uma extensa bibliografia sobre o assunto abordando, tanto as técnicas empregadas no preparo das amostras, como a aplicação da mineralogia no estudo dos sedimentos.

Provavelmente, tenham sido BUOL et alii (1973) quem melhor tenha ressaltado a importância do estudo da mineralogia da fração grosseira em solos. Segundo aqueles autores, esse estudo permite estabelecer:

a) a uniformidade do material de origem, para os horizontes de um perfil do solo;

b) a existência de descontinuidades litológicas, baseando-se na variação dos teores das espécies minerais, ao longo do perfil do solo;

c) a condição nutricional ou fertilidade de reserva dos solos, como consequência da presença dos minerais intemperizáveis;

d) o grau de intemperização, baseado na relação entre os minerais intemperizáveis e os quimicamente estáveis;

e) a provável direção da formação dos argilominerais e de desenvolvimento do solo.

Essas importantes referências levaram a mineralogia de solos a ser usada como um critério diagnóstico, pelo Sistema Compreensivo de Classificação de Solos. Isto é particularmente verdadeiro para a classificação a nível de família de solos, para a qual, os tipos de minerais presentes são critérios importantes (SOIL SURVEY STAFF, 1960, 1967).

No Brasil, CAMARGO E VAGELER (1937) situam-se entre os primeiros a reconhecerem a importância da mineralogia no estudo dos solos, ao afirmarem que a formação de muitos solos tropicais só seria compreensível após o estudo mineralógico da rocha-matriz.

O desenvolvimento dos trabalhos sobre mineralogia de solos levou, hoje, ao estabelecimento de técni-

cas, até certo ponto, padronizadas para o preparo das amostras. Todavia, muitos são os autores que propõem técnicas novas ou modificações nas, atualmente, consagradas e em uso rotineiro. Desse modo, para a eliminação de matéria orgânica, JEFFRIES e JACKSON (1949) consideram o uso de peróxido de hidrogênio como o que melhores resultados apresenta, apesar de, anteriormente, DROSDOFF e MILES (1938) terem constatado que o uso de peróxido de hidrogênio provoca a esfoliação de micas, não sendo pois recomendável para sedimentos que contenham esses minerais.

A remoção de óxidos de ferro livres tem sido feita com o uso generalizado de HCl, à quente. Esse procedimento, entretanto, tem o inconveniente de solubilizar, total ou parcialmente, carbonatos, pirita, apatita e outros minerais solúveis em HCl. A fim de evitar a utilização de HCl, JEFFRIES (1941, 1946) sugere o emprego de hidrogênio nascente, obtido pela ação do ácido oxálico sobre magnésio metálico. AGUILLERA E JACKSON (1953) introduzem o hipossulfito e citrato de sódio, no que são seguidos por JACKSON (1956), que apresenta o método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, que tem se mostrado menos prejudicial aos minerais.

A fração de areia mais indicada para estudo mineralógico de sedimentos também tem sido motivo de controvérsias, sendo muitos os autores a fazerem recomendações nesse sentido. COGEN (1935) acha necessário o estudo de

todas as frações de areia, assinalando, porém, que sedimentos assim estudados só podem ser comparados com aqueles - que sofrem o mesmo tratamento. MARSHALL e JEFFRIES (1945) e HASEMAN e MARSHALL (1945) confirmam o que foi dito por Cogen, ao concluírem que, de diferentes classes texturais, devem ser esperadas diferentes associações de minerais. Por outro lado, autores, como HENDRICK e NEULANDS (1923), JEFFRIES (1937) e CARROL (1938), sugerem o estudo apenas das frações mais finas da areia, no que são confirmados por DOUGLAS (1939) que recomenda o exame de apenas uma fração de areia, após observar pequenos erros devidos à separação da areia em várias frações. Essa orientação tem sido seguida por autores nacionais como MARCONI (1969), LOBO (1971), BAHIA (1973), MARCONI e ABRAHÃO (1977), GALHEGO (1977), que utilizam, ou a fração areia fina ou a fração areia muito fina, aquela que representa a moda do sedimento.

Anteriormente a esses autores, RUBEY (1933), contestava a validade do uso da moda, como a mais indicada para estudo do resíduo pesado do sedimento. Observa esse autor, com certa razão, que não pode ser desprezada a densidade dos minerais, que faz com que sejam depositados, juntamente com minerais leves (quartzo e feldspatos), os minerais pesados de tamanho menor. Nesse caso, para estudo do resíduo pesado de um sedimento, é recomendável a utilização da fração granulométrica mais fina juxtaposta à fração

modal. Essa orientação foi seguida no presente trabalho.

Os autores não concordam quanto ao número de grânulos necessários, para significar uma amostragem boa no estudo da mineralogia de sedimentos. Os valores indicados variam desde um mínimo de 100 grânulos (Graham, in KRUMBEIN e PETTIJOHN, 1938) até a totalidade de grânulos, existentes na lâmina (JACKSON, 1956). Todavia, a maior parte dos autores situam esse número entre 200 a 300 grânulos (SEALE, 1956; KRUMBEIN e PETTIJOHN, 1938; WEYL, 1952). No Brasil, também não há concordância quanto a esses valores, encontrando-se 300 grânulos para GALHEGO (1977), entre 160 e 950 para WINKELJOHANN (1975), 170 a 650 para BAHIA (1973) 500 a 1250 para MARCONI (1969), 300 a 600 para LOBO (1971). A ausência de dados estatísticos impede a adoção segura de uma quantidade de grânulos, que melhor represente a amostra.

Segundo HASEMAN e MARSHALL (1945), a resistência dos minerais ao intemperismo é função de um grande número de fatores, dentre os quais: dureza, clivagem, coeficiente de expansão, tamanho dos grânulos, estabilidade química, etc. Os autores são unânimes em considerar zirconita, turmalina, rutilo e quartzo, minerais extremamente estáveis e olivina e augita, minerais extremamente instáveis. Todavia, conflitam-se as opiniões, quando se referem a outros minerais. Assim, PETTIJOHN (1941) considera silimanita, titanita e andaluzita minerais de pequena estabilidade.

de, enquanto que para WEYL (1952) esses minerais são considerados estáveis. Granada, para PETTIJOHN (1941), é tão estável quanto quartzo, mas para SINDOWSKY (1949), é tão instável quanto augita, enquanto WEYL (1952) a situa como pouco estável. Para BREWER (1964), essas discrepâncias resultam dos diferentes tipos de ambiente de intemperização, em que esses minerais foram estudados.

A relação entre o arredondamento de grânulos de minerais e seu transporte foi primeiramente observada por Doubrée, em 1879 (PETTIJOHN, 1957). Wadell (MARCONI, 1969) estuda, pormenorizadamente, a forma dos grânulos de sedimentos e define esfericidade e arredondamento, mostrando que são variáveis independentes. A fim de evitar as dificuldades que os métodos preconizados por Wadell apresentam, Krumbein e Sloss (BREWER, 1964) apresentam uma cartapara avaliação visual de arredondamento e esfericidade. PETTIJOHN (1957) apresenta uma classificação para arredondamento, baseada nos estudos de Wadell, aceita e usada atualmente em âmbito mundial: grânulos angulares (0,00 a 0,15); subangulares (0,15 a 0,25); subarredondados (0,25 a 0,40); arredondados (0,40 a 0,60); bem arredondados (0,60 a 1,00). MARCONI et alii (1972), em um minucioso estudo estatístico, concluem que a contagem de 25 grânulos em cada lâmina, é suficiente para a avaliação precisa de arredondamento.

O estudo de minerais pesados recebe especial atenção em livros textos publicados por MILNER (1962),

KRUMBEIN E PETTIJOHN (1938) e BREWER (1964). Os dois primeiros apresentam capítulos dedicados exclusivamente à descrição e ao reconhecimento de grânulos de minerais.

JEFFRIES (1937) e JEFFRIES e WHITE (1937 - 1938) comparam a mineralização da fração areia muito fina de solos com a das rochas matrizes e concluem que as características mineralógicas dessas rochas são refletidas nos solos. Isto permite estudar a uniformidade dos perfis de solos, em relação à rocha de origem ou em relação aos próprios horizontes. Segundo BREWER (1964), o estudo baseado na quantidade de minerais de elevada estabilidade química é o que melhor presta à análise da uniformidade do perfil. A razão entre dois minerais resistentes deverá ser tanto mais constante com a profundidade, quanto maior for a uniformidade do material de origem do solo. Para um material de origem uniforme, a curva de variação da relação zirconita/turmalina, em face da profundidade do perfil, deverá ser suave, sem pontos de inflexão.

Desde então, a mineralogia do resíduo pesado das frações areia tem sido intensamente empregada para estudos de gênese e da uniformidade dos perfis do solo. Destacam-se, nesse particular, trabalhos de HUMBERT e MARSHALL (1943). KREBS e TEDROW (1957), ARNEMAN et alii (1958) GUERRERO (1958), etc.

SPRINGER (1958) e RUHE (1958) estudam a

presença de linhas de pedras em perfis de solos. SPRINGER, (1958) atribui a origem dessas pedras como consequência - de pavimento desértico, resultante não somente da remoção - de material fino, mas também de movimentação de material - grosseiro que ascende à superfície. RUHE (1958), por sua vez, atribui a presença dessas pedras a vários fatores como erosão superficial, deposição por rios, etc. Associa relações entre minerais estáveis e minerais intemperizáveis, com a ocorrência de linhas de pedras, para constatar a presença de descontinuidades litológicas. Após os trabalhos de RUHE (1956, 1958), generalizou-se a idéia de associar linhas de pedras com descontinuidades litológicas.

LOBO (1971), em solos do município de Piracicaba, SP, com base na variação da relação Z/T, revela a presença de descontinuidades litológicas em todos os solos estudados, embora nem sempre essas descontinuidades estejam associadas à presença de linhas de pedras.

Em latossolos vermelho amarelo, do município de Iracemápolis, SP, BAHIA (1973) também verifica a ocorrência de descontinuidades litológicas, associadas a linhas de pedras. Baseado em RUHE (1958), atribui a presença dessas pedras a processos de erosão e sedimentação, seguindo a rede de drenagem atual. Conclui, comparando seus resultados com os obtidos por CARVALHO (1954) e MARCONI (1969), que o material do solo deriva da formação Corumbataí e não da formação Botucatu, como julgavam Ranzani et

alii (1968) (in BAHIA, 1973).

Outros autores, como WINKELJOHANN (1975), BONI (1976), GALHEGO (1977), MARCONI e ABRAHÃO (1977), também usam relações entre minerais estáveis, notadamente zircônia e turmalina, para estudarem a presença de descontinuidades litológicas em solos, nem sempre associando essas descontinuidades à linhas de pedras.

O estudo da uniformidade dos perfis dos solos e da derivação do material de origem, tem procurado - apoio no estudo estatístico da distribuição granulométrica ao longo do perfil. KRUMBEIN e PETTIJOHN (1938), BREWER (1964) e SUGUIO (1973) trazem longo estudo sobre a aplicação de parâmetros estatísticos na granulometria de sedimentos, procurando estabelecer os ambientes de deposição. MASON e FOLK (1958) concluem que o grau de assimetria e a curtose são os melhores parâmetros para a verificação desses ambientes. FRIEDMAN (1961) confirma os outros autores, mas utiliza também o diâmetro médio.

Trask (1930), Otto (1939), Inman (1952), Folk e Ward (1957) e Mc Cammon (1962) (in SUGUIO, 1973) estudam as distribuições granulométricas de sedimentos e propõem fórmulas para cálculos de média, grau de seleção, grau de assimetria e curtose, baseadas em porcentagem de grânulos, lidas em curvas de distribuição, usando a escala ϕ na representação dos diâmetros. Mc Cammon (1962) (in SUGUIO ,

1973) determina os graus de eficiência das medidas estatísticas das médias, calculadas a partir de distribuições normais, para mostrar que as fórmulas apresentadas por ele são as de maior precisão. Folk (1966) (in SUGUIO, 1973) tem o mesmo procedimento com relação às medidas de grau de seleção e verifica que a fórmula de maior eficiência é, também, a de Mc Cammon. Todavia, embora as fórmulas apresentadas por Mc Cammon sejam as que mais se aproximam dos valores reais, essa precisão não é tão superior à apresentada pelas fórmulas de FOLK e WARD (1957), de modo a compensar o maior trabalho que seus cálculos exigem. Dessa forma, as fórmulas de Folk e Ward, para cálculos de média, grau de seleção, curtose e grau de assimetria das curvas de distribuição de tamanho de grânulos, são atualmente as mais utilizadas.

MARCONI e ABRAHÃO (1977) e ALTAFIN (1977) - utilizam os parâmetros de Folk e Ward, para estabelecer uniformidades de perfis de solos e ambientes de deposição, em solos da Bahia e de São Paulo, respectivamente. Ambos - concluem que o ambiente de deposição do material de origem daqueles solos foi o fluvial.

O estudo de solos da região da Serra da Mantiqueira, no Estado de São Paulo, reveste-se de importância, se não fosse por outro motivo, apenas pelo fato de existir um número reduzido de trabalhos sobre a área.

ALMEIDA (1964) situa os municípios de Atibaia e de Santo Antonio do Jardim na provincia geomorfológica do Planalto Atlântico, na zona por ele denominada Zona-Cristalina do Norte. Essa zona, com cerca de 11.200km², de rochas pré-cambrianas, constitui transição entre as terras altas do sudoeste de Minas Gerais e a região sedimentar mais baixa da Depressão Periférica, alcançando altitudes de até 1.600 m. Segundo ALMEIDA (1964), a constituição geológica dessa área, ainda não bem conhecida, mostra predominância de gnaisses, intercalados por micaxistos e quartzitos, com grande número de intrusões de granitos, principalmente nas regiões de Atibaia, Bragança Paulista e Espirito Santo do Pinhal, SP. Refere-se à presença de sedimento de idade terciária, nas regiões mais baixas, considerando insignificante a sedimentação moderna, que estaria limitada a uma faixa que pouco excede aos meandros dos rios.

Estudando a ocorrência de minerais em sedimentos localizados entre a Serra da Mantiqueira e as crostas basálticas do Estado de São Paulo, BJORNBERG (1965), - conclui que turmalina, zirconita e estauroлита poderiam - ter derivado tanto do flanco leste da Serra Geral, como do flanco oeste da Serra da Mantiqueira, de sedimentos mais - antigos que estariam capeando o complexo cristalino. Das rochas pré-cambrianas da região teriam originado hornblenda, silimanita e cianita.

Se, todavia, as rochas da Zona Cristalina -

do Norte mereceram alguma atenção, o mesmo não pode ser dito com relação aos solos que aí ocorrem, que permanecem, até hoje, carentes de estudos. No município de Atibaia, CARVALHO et alii (1975) fizeram o levantamento semidetalhado de solos. A unidade Piquerí está classificada por esses autores como Latossolos Vermelho Amarelo orto, que, de acordo com a 7ª aproximação da classificação de solos do USDA, enquadra-se na ordem Oxissolo, sub grupo Typic Acrortox. - São solos minerais, mais profundos, tendo na base dos horizontes B, uma linha de pedras angulosas de quartzo. Desenvolvem-se sobre gnaisses intemperizados, mas na região associam-se granitos, xistos, quartzitos e sedimentos. Embora refiram-se a transporte e deposição do material constituinte dos solos, nenhum estudo estatístico de granulometria e mineralogia foi realizado por aqueles autores.

De acordo com a COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA, (1960), os latossolos vermelho amarelo orto ocorrem nas regiões das Serras do Mar e da Mantiqueira, no Planalto Atlântico, em altitudes que variam entre 650 e 850 m e têm, como material de origem, rochas granito gnaíssicas. Segundo aquela Comissão, esses solos cobrem, no município de Santo Antonio do Jardim, uma área reduzida de 43 km² e no município de Atibaia, 234 km². Nessas duas áreas, apenas um perfil é descrito, em Atibaia, e os resultados mineralógicos mostram, na fração areia fina, a presença de magnetita, apatita e silimanita, como minerais pesados, e de mag-

netita, biotita e turmalina, na areia grossa. A presença - desses minerais é confirmada em outros perfis estudados, pe la Comissão, em diversos locais de ocorrência desses solos, no Estado de São Paulo.

4. MATERIAL

4.1. Características gerais da área

4.1.1. Localização

De acordo com a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (ALMEIDA, 1964), os solos estudados, situados nos municípios de Atibaia e Santo Antonio do Jardim, localizam-se na região do Planalto Atlântico, a oeste da Serra da Mantiqueira na Zona Cristalina do Norte (fig. 1).

4.1.2. Relevo

O relevo da região é caracterizado por um peneplano bastante dissecado, com altitudes mais freqüentes entre 800 e 1.000 m, destacando-se algumas serras com alti

tudes maiores, e planícies quaternárias em altitudes inferiores. Segundo DE FONTAINES (1935) e DE MARTONE (1943) ,

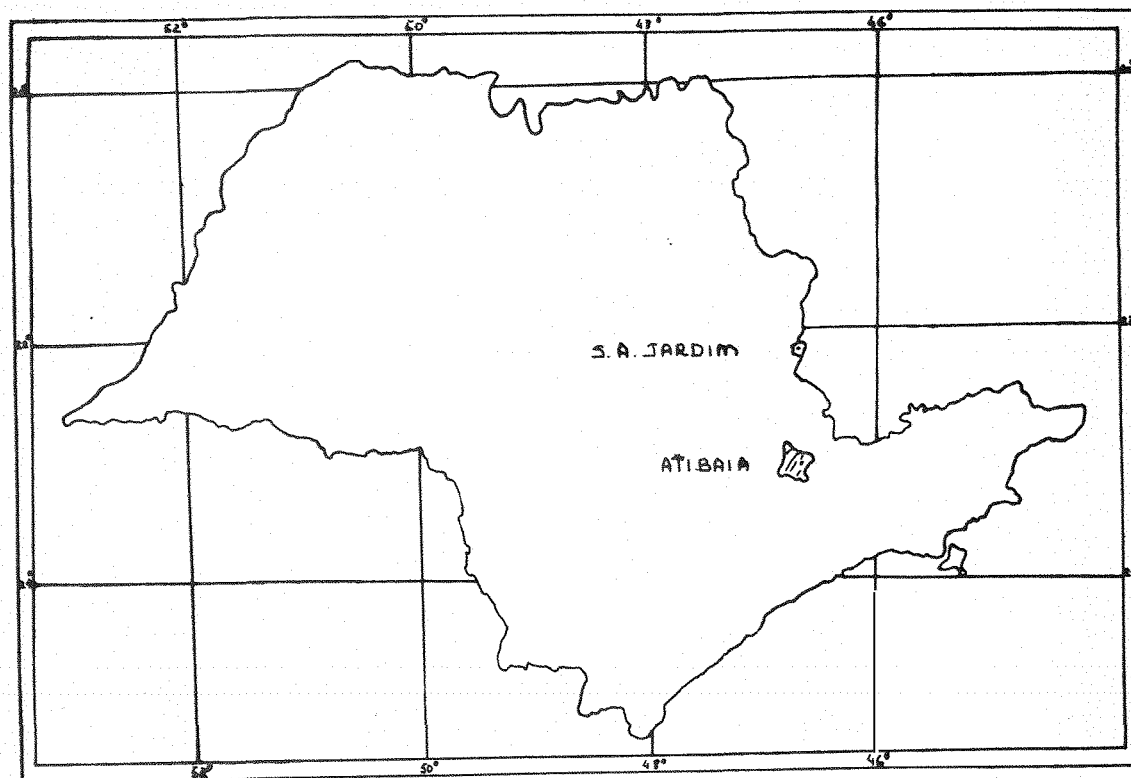


Fig. 1. Localização dos municípios de Atibaia e de Santo - Antonio do Jardim, no Estado de São Paulo.

trata-se de um relevo retrabalhado por mais de um ciclo de erosão. De acordo com SILVA (1949), pode-se distinguir as seguintes feições topográficas: cristas que sobressaem do relevo regional por suas altitudes de 1.000 a 1.400 m; colinas mamelonares caracterizadas por altitudes inferiores, entre 800 a 1.000 m, e, finalmente, várzeas quaternárias, planícies de nível de base, de altitudes geralmente inferiores a 800 m.

4.1.3. Geologia

A Zona Cristalina do Norte, na Província do Planalto Atlântico, foi descrita por ALMEIDA (1964). Esse autor descreve a região de rochas pré-Cambrianas, onde predominam rochas gnáissicas e graníticas, com intercalação - de micaxistos e quartzitos e que fazem parte do Complexo - Cristalino Brasileiro.

O autor descreve, ainda, a presença de bacias sedimentares de idade anterior ao ciclo atual, constituídas de camadas de areia mais ou menos argilosas, argila e, por vezes, cascalho.

4.2. Solos

4.2.1. Perfil Atibaia

Classificação: Latossol Vermelho Amarelo-orto

Unidade Piqueri

Typic Acrorthox

Localização: Caixa de empréstimos da Rodovia Fernão Dias, a aproximadamente 500 m da entrada para a cidade, na direção de São Paulo (fig. 2).

Situação topográfica e declive: Terço inferior da encosta, com cerca de 5% de declive.

Litologia: gnaisses.

Altitude: 770 m.

Erosão: não aparente.

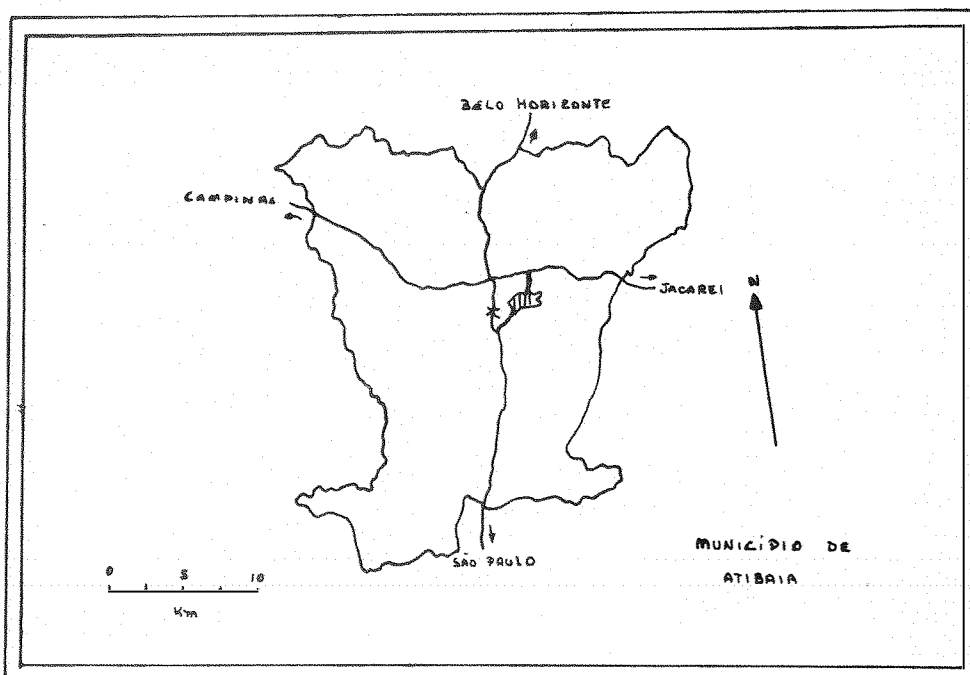


Fig. 2. Localização do perfil amostrado no município de Atibaia.

Drenagem interna: rápida.

Drenagem externa: média.

Permeabilidade: rápida.

Drenagem total: acentuadamente drenado.

Cobertura vegetal: cerrado.

A₁₁ - 0-10 cm; bruna avermelhada escura (5YR 3/2 Úmida);
barrenta a argilosa; granular, muito pequena a -

grande, fraca; poros poucos, muito pequenos e pequenos abundantes; solta, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

- A₁₂ - 10 - 20 cm; bruna avermelhada escura (5YR 3/4 úmida) argilosa; granular pequena e grande, fraca, poros muito pequenos e pequenos abundantes; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- A₃ - 20 - 32 cm; bruna avermelhada (5YR 4/4 úmida); argilosa; granular pequena a média fraca tendendo a sub angular; poros pequenos comuns e muito pequenos, abundantes; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- B₁ - 32 - 50 cm; vermelha amarelada (5YR 4/6 úmida); (5YR 5/4 seca) argilosa; granular pequena e média fraca, tendendo a sub angular; poros pequenos comuns e muito pequenos; abundantes; macia, friável, plástica e pegajosa; nódulos muito poucos pequenos arredondados amarelados e duros; transição gradual e plana.
- B₂₁ - 50 - 100 cm; vermelha amarelada (5YR 5/8 úmida) ; (5YR 5/6 seca), argilosa, aspecto maciço poroso rompendo em granular muito pequena; macia, muito friável, plástica e pegajosa; poros pequenos co-

muns e muito pequenos abundantes, transição difusa e plana.

- B₂₂ - 100 - 200 cm; vermelha amarelada (5YR 5/8 Úmida) ; argilosa aspecto maciço poroso rompendo em granu-- lar muito pequena; maciço; muito friável a friavel; transição difusa e plana.
- B₂₃ - 200 - 300 - vermelha amarelada (5YR 5/8 Úmida) com mosqueado pouco, grande, difuso, 5YR 7/6; argilosa; macia friável, plástica e pegajosa; transição difu sa e plana; nódulos muito pouco, arredondados, du ros, amarelados.
- B₃ - 300 - 360 - vermelha amarelada e vermelha (3,5 YR 5/8); (2,5 YR 6/8 sêca), com mosqueado, comum, gran de, difuso 5YR 7/6); argilosa; macia; friável; plás tica e pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- IIC₁ - 360 - 510 - rocha decomposta com cores variegadas.
- IIC₂ - 510 - 660 - rocha decomposta com cores variegadas.
- IIC₃ - 660 - 900 - gnaisse em decomposição apresentando - coloração variegada e conservando a orientação da rocha.

Observações:

1. Linha de pedras - Existe uma linha de pedras -

situada entre os horizontes B_3 e IIC_1 , constituída de fragmentos de laterito e quartzo. A maior parte dos fragmentos de laterito tem o formato laminar ligeiramente recurvado e com 1 cm de espessura, 5 - 15 cm de comprimento e com largura um pouco menor.

2.0 perfil foi coletado de um corte de empréstimo de estrada, com cerca de 10 m de altura e no qual se escavou até 50 cm em profundidade em forma de degraus para coletar o perfil.

4.2.2. Perfil Santo Antonio do Jardim

Classificação: Latossol vermelho amarelo-orto.

Localização: Na rodovia Espirito Santo do Pinhal-Andradas, a, aproximadamente, 4 km da entrada de Santo Antonio do Jardim, na direção de Andradas, (Fig. 3).

Situação topográfica e declive: Terço superior da encosta, com cerca de 12% de declive.

Litologia: gnaisses.

Altitude: 830 m.

Erosão: não aparente.

Drenagem interna: rápida.

Drenagem externa: média.

Permeabilidade: rápida

Drenagem total: acentuadamente drenado.

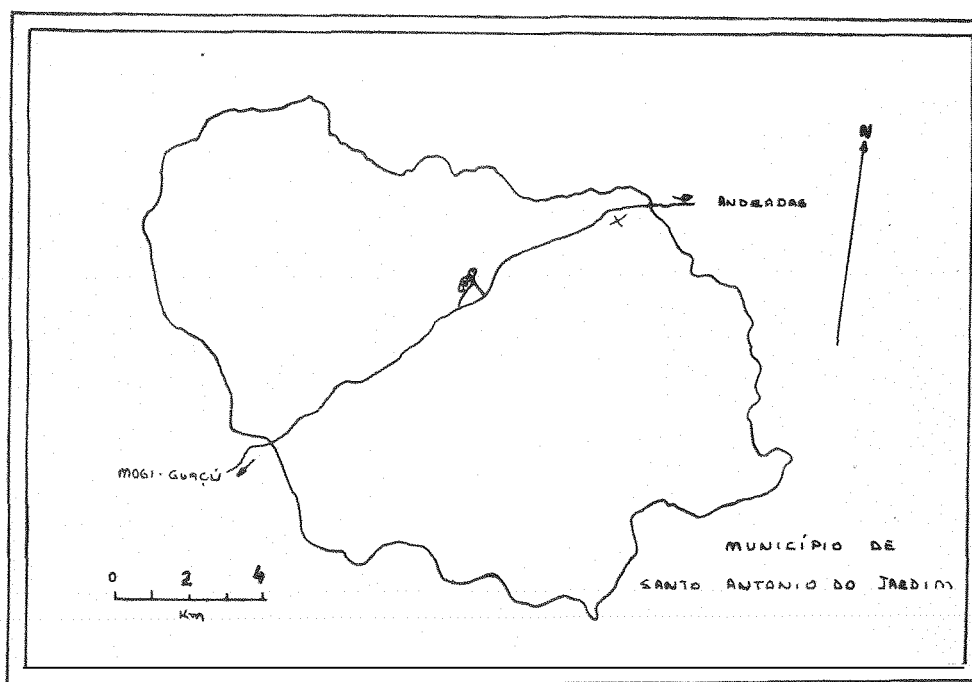


Fig. 3. Localização do perfil amostrado no município de Santo Antonio do Jardim.

Cobertura vegetal: Pastagem com capim gordura (*Melinis minutiflora*)

A_p - 0 - 12 cm; Bruno avermelhado escuro (5YR 3/4); franco arenosa; granular moderada média; ligeiramente dura; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada; espessuras 10 (8 - 12) raízes abundantes.

A_{12} - 12 - 35 cm; Bruno avermelhado (5YR 4/6); argilosa;

- blocos sub angulares moderada média; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada; espessuras 20 (18 - 22), raízes abundantes.
- A₃ - 35 - 55 cm; Bruno avermelhado (5YR 4/8); argilosa; blocos sub angulares fraca pequena, macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes.
- B₁ - 55 - 90 cm; Vermelho amarelado (5YR 5/6); argiloso; granular média fraca; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana; raízes abundantes.
- B₂₁ - 90 - 120 cm; Vermelho amarelado (5YR 5/8); argilosa; granular média fraca; plástico e pegajoso; transição difusa e plana; macio, muito friável; raízes abundantes.
- B₂₂ - 120 - 155 cm; vermelho (2,5YR 4/6); argilosa; granular média fraca; macio muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada; espessuras 25 (20 - 30); raízes escassas.
- IIC₁ - 180 - 260 cm; Vermelho (10YR 4/6); muito argilosa; sub angular, média e fraca; macio, firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes ausentes.
- IIC₂ - 260 - 290 + cm - Rocha decomposta com cores variegadas

das.

Observações:

1. Linha de pedras. Existe uma linha de pedras arredondadas situadas entre os horizontes B₂₂ e IIC_p, de espessura em torno de 80 cm, constituídas de fragmentos de quartzo. Parte superior formada por pedras de diâmetro 20 a 60 mm, enquanto que a inferior por pedras de 80 a 120 mm.
2. Pedras: em todos os horizontes com exceção do C (2 a 10 mm).
3. Atividades biológicas: cupins ocupando 3% da área.

4.3. Instrumental

4.3.1. Peneiras

Foram utilizadas peneiras de melhas 2,0;1,0; 0,5; 0,25; 0,105 e 0,053 mm, para a separação das diferentes frações da areia em cada amostra dos horizontes.

4.3.2. Microscópio

Na análise mineralógica e na avaliação do arredondamento, foi utilizado um microscópio de polariza--

ção Olympus, modelo POS, com aumentos de 40x, 100x e 400x.

Sempre que necessário, foi utilizado o compensador de Berek, para determinação da elongação e birrefringência dos minerais.

5. MÉTODOS

5.1. Amostragem

O perfil Santo Antonio do Jardim, foi desc^{ri}to em local escolhido como o mais representativo do Grande Grupo, após prévio reconhecimento da área, levantada e mapeada pela COMISSÃO DE SOLOS (1960). Para a descrição morfológica, realizada segundo recomendações do Instituto Agrônômico de Campinas (1969), e para a coleta de amostras, foi aberta trincheira com 2,5 m de profundidade. Coletou--se uma amostra, de cerca de 2 kg de material, de cada horizonte, num total de 8 amostras.

O perfil Atibaia, foi descrito e classificaçado por CARVALHO et alii (1975), que também forneceu as amostras utilizadas nesse trabalho, num total de 11 amostras.

5.2. Análise Granulométrica

Foi utilizado o método da pipeta, segundo - recomendações de KILMER e ALEXANDER (1949), utilizando hexametáfosfato de sódio, 1 N, como dispersante. A fração areia total foi fracionada em jogo de peneiras, descrito em 4.3.1.

5.3. Preparo das Amostras

5.3.1. Separação da fração areia total

Para a separação da fração areia, empregada na análise mineralógica e na determinação do arredondamento, foram utilizadas amostras de 100 g de TFSA, nas quais, adicionou-se 150 ml de água destilada em frascos erlemeyer, de 250 ml. As amostras foram agitadas em agitador rotativo com baixa rotação, por 15 minutos, após o que as frações - argila e silte foram eliminadas pela passagem em peneira - de 53 μ m de malha, sob jato forte de água. Através da avaliação visual, repetiu-se o tratamento o número de vezes - necessário para a obtenção de água clara, após a agitação. Na fração areia total, assim obtida, procedeu-se à eliminação da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres.

5.3.2. Eliminação da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres.

Para a eliminação da matéria orgânica, efetuou-se tratamento da fração areia com peróxido de hidrogênio a 30% em meio ligeiramente ácido, em banho maria, segundo recomendações descritas por JACKSON (1956).

O método utilizado para a eliminação dos óxidos de ferro livres foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, descrito por AGUILERA E JACKSON (1953), tantas vezes quantas necessárias para obter um sobrenadante claro.

5.3.3. Separação da fração pesada e montagem das lâminas.

A separação do resíduo pesado foi efetuada na fração areia muito fina (105 a 53 μ m), por ser a imediatamente abaixo da fração modal da areia, que, conforme a análise granulométrica mostrou, recaiu na fração areia fina. Esse procedimento justifica-se pelo fato de se esperar que o resíduo pesado se concentre, devido à sua maior densidade, nessa fração da areia (RUBEY, 1933).

Utilizou-se, como meio de separação, o bromofórmio, de densidade 2,85, em funis separadores de pesco

ço longo, conforme técnica já consagrada (KRUMBEIN e PETTI JOHN, 1938).

Após lavagem com acetona, para eliminação do excesso de bromofórmio, aderente aos grânulos, e posterior secagem, os minerais magnéticos foram separados por meio de ímã.

As frações leves e pesadas foram montadas em lâminas de microscópio, com bálsamo do Canadá, artificial, de índice de refração 1,54. Utilizou-se toda a fração pesada na montagem das lâminas.

5.4. Análise mineralógica

A composição mineralógica da fração areia-muito fina de cada horizonte foi determinada microscópicamente, caracterizando-se cerca de 200 grânulos em cada lâmina, tomados ao acaso. Nos casos em que a escassez de minerais pesados não permitiu que aquele número fosse atingido, foi considerada a totalidade dos grânulos existentes na lâmina. Após a contagem, foi feita a verificação da totalidade de grânulos existentes na lâmina, a fim de assinalar a existência de minerais raros que pudessem escapar à observação.

5.5. Arredondamento

Utilizou-se a técnica de comparação visual dos grânulos, com a carta de arredondamento, construída se gundo valores obtidos por WADELL (1962), preconizada por MARCONI (1969), AMARAL (1955), BAHIA (1973), etc. Foram es tudados 50 grânulos em cada lâmina, embora MARCONI, et alii (1972) tenha con cluído que 25 grânulos são suficientes.

5.6. Análise Estatística

No cálculo dos parâmetros estatísticos, para estudo da granulometria, foram desprezadas as frações argila e silte, em face da mobilidade que essas frações apresentam no perfil, levando com isso a resultados enganosos. Os teores das frações areia, recalculados a 100%, foram lan çados em papel de probabilidade aritmética, utilizandose escala ϕ (SUGUIO, 1973), obtendo-se as curvas de frequ ência acumulada. Dessas foram extraídos os valores necessários aos cálculos dos parâmetros, propostos por FOLK e WARD (1957), utilizados neste trabalho: diâmetro médio (M_z) desvio padrão gráfico inclusivo (σ_I), assimetria gráfica in clusiva (S_{KI}) e curtose gráfica (K_g).

6. RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1. Análise Granulométrica

Os resultados da análise granulométrica são baseados na fração areia, recalculada para 100% (tabelas 1 e 2). Essa fração representa maior estabilidade no perfil, ao contrário das frações mais finas que, normalmente, podem se locomover de um horizonte para outro (ALTAFIN, 1977). Segundo esse autor, "acredita-se que amostras dos 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".

TABELA 1 . Análise granulométrica dos solos estudados

Horizontes	%						argila
	a.m.g	a.g.	a.m.	a.f.	a.m.f.	silte	
Perfil Atibaia - Latossol Vermelho Amarelo-orto							
A ₁₁	1,4	6,6	13,0	14,8	4,8	15,3	44,1
A ₁₂	3,1	8,1	11,5	11,3	4,0	9,3	52,7
A ₃	3,9	6,7	8,4	11,0	4,5	12,5	53,0
B ₁	1,9	4,9	7,4	10,4	4,7	11,4	59,3
B ₂₁	2,3	4,3	6,5	10,7	5,2	9,4	61,6
B ₂₂	1,6	4,4	6,4	10,3	5,7	10,8	60,8
B ₂₃	2,5	4,4	6,4	10,7	5,7	18,6	52,1
B ₃	2,0	4,2	6,4	11,1	7,5	19,4	49,4
IIC ₁	3,0	5,3	7,4	10,4	5,6	27,9	40,4
IIC ₂	2,4	4,9	11,5	18,3	7,8	27,8	27,3
IIC ₃	2,4	10,4	14,8	11,5	6,0	40,2	14,7
Perfil S. A. Jardim - Latossol Vermelho Amarelo-orto							
A ₁₁	10,2	12,2	12,5	12,6	3,0	13,9	35,6
A ₁₂	10,0	12,2	12,3	11,9	2,9	17,0	33,7
A ₃	7,0	8,3	8,7	10,3	3,0	14,6	47,9
B ₁	4,9	5,9	7,1	8,6	2,8	24,4	46,3
B ₂₁	5,7	4,6	6,0	7,4	3,0	25,9	47,4
B ₂₂	7,4	6,8	5,5	7,0	2,9	24,9	45,5
IIC ₁	4,5	4,8	4,9	7,0	3,7	28,2	46,9
IIC ₂	8,7	12,7	10,4	10,2	4,8	30,7	22,5

TABELA 2 . Granulometria da fração areia recalculada a 100%.

HORIZONTES	%				
	a.m.g.	a.g.	a.m.	a.f.	a.m.f.
Perfil S. A. Jardim - Latossol Vermelho Amarelo-orto					
A ₁₁	20,20	24,16	24,75	24,95	5,94
A ₁₂	20,28	24,75	24,95	24,14	5,88
A ₃	18,77	22,25	23,32	27,61	8,04
B ₁	16,72	20,14	24,23	29,35	9,56
B ₂₁	21,35	17,23	22,47	27,72	11,24
B ₂₂	25,00	22,97	18,58	23,65	9,80
IIC ₁	18,07	19,28	19,68	28,11	14,86
IIC ₂	18,59	27,14	22,22	21,79	10,26
Perfil Atibaia - Latossol Vermelho Amarelo-orto					
A ₁₁	3,45	16,26	32,02	36,45	11,82
A ₁₂	8,16	21,32	30,26	29,74	10,53
A ₃	11,30	19,42	24,35	31,88	13,04
B ₁	6,48	16,72	25,26	35,49	16,04
B ₂₁	7,93	14,83	22,41	36,90	17,93
B ₂₂	5,63	15,49	22,54	36,27	20,07
B ₂₃	8,53	15,02	21,84	35,15	19,45
B ₃	6,41	13,46	20,51	35,58	24,04
IIC ₁	9,46	16,72	23,34	32,81	17,67
IIC ₂	5,35	10,91	25,61	40,76	17,37
IIC ₃	5,32	23,06	32,82	25,50	13,30

TABELA 3 . Valores dos parâmetros estatísticos, calculados segundo FOLK e WARD (1957), utilizando a escala ϕ .

Horizontes	Média M_z	Grau de seleção σ_I	Grau de assimetria S_{KI}	Curtose K_G
Perfil Atibaia - Latossol Vermelho Amarelo-orto				
A ₁₁	1,97	1,12	0,02	0,91
A ₁₂	1,70	1,23	0,04	0,88
A ₃	1,73	1,39	-0,03	0,86
B ₁	1,99	1,28	-0,05	0,89
B ₂₁	2,04	1,37	-0,11	0,88
B ₂₂	2,15	1,30	-0,11	0,86
B ₂₃	2,04	1,40	-0,12	0,88
B ₃	2,24	1,37	-0,15	0,88
IIC ₁	1,92	1,39	-0,09	0,85
IIC ₂	2,17	1,19	-0,11	0,95
IIC ₃	1,76	1,25	0,15	0,99
Perfil S. A. Jardim - Latossol Vermelho Amarelo-orto				
A ₁₁	1,25	1,31	0,05	0,79
A ₁₂	1,22	1,30	0,07	0,80
A ₃	1,38	1,35	0,04	0,76
B ₁	1,51	1,37	0,00	0,78
B ₂₁	1,43	1,47	-0,03	0,74
B ₂₂	1,20	1,47	0,15	0,74
IIC ₁	1,47	1,60	-0,06	0,74
IIC ₂	1,20	1,48	0,09	0,78

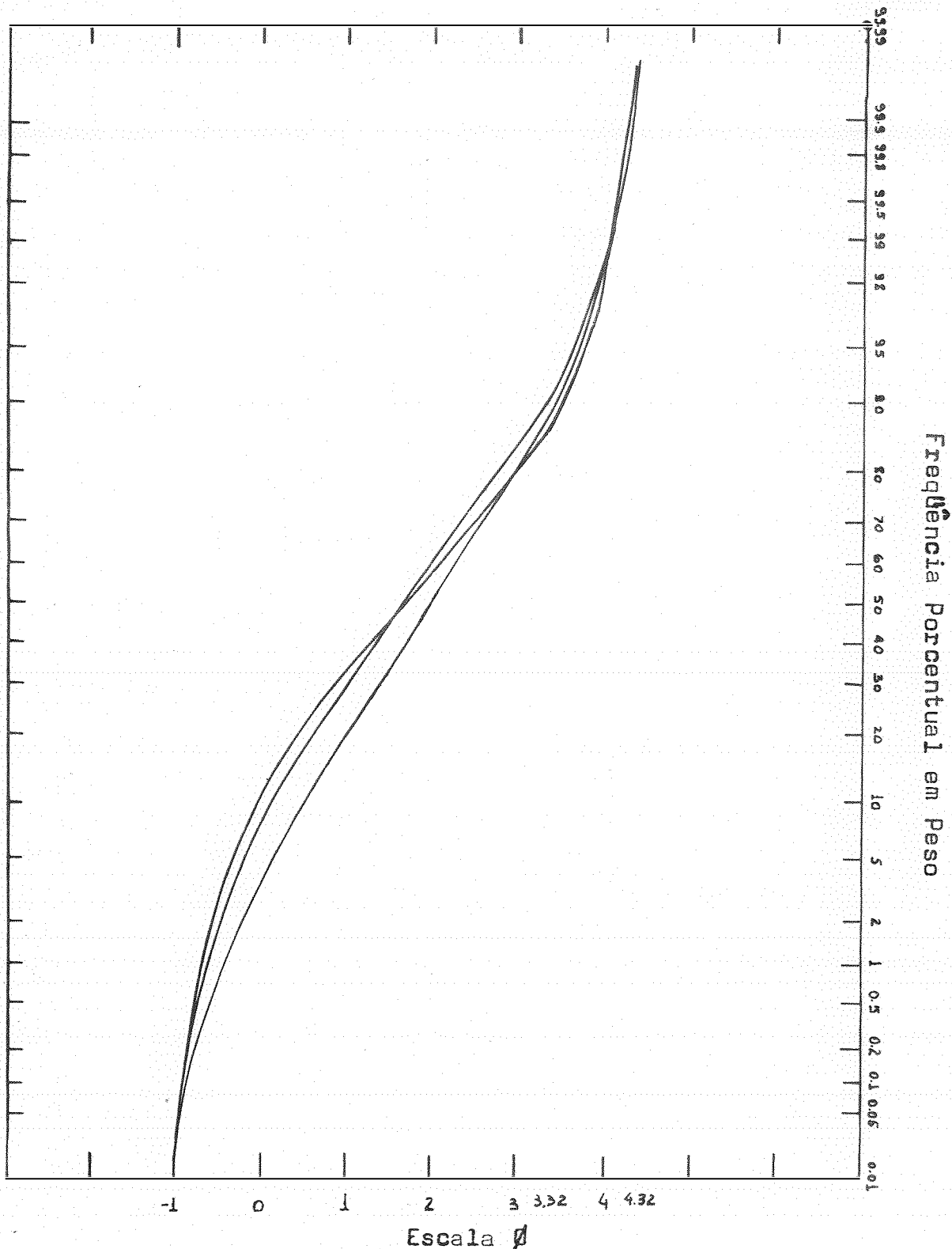


Fig. 4 . Curvas Acumulativas dos horizontes A₁₁, A₁₂ e A₃ do Perfil Atibaia

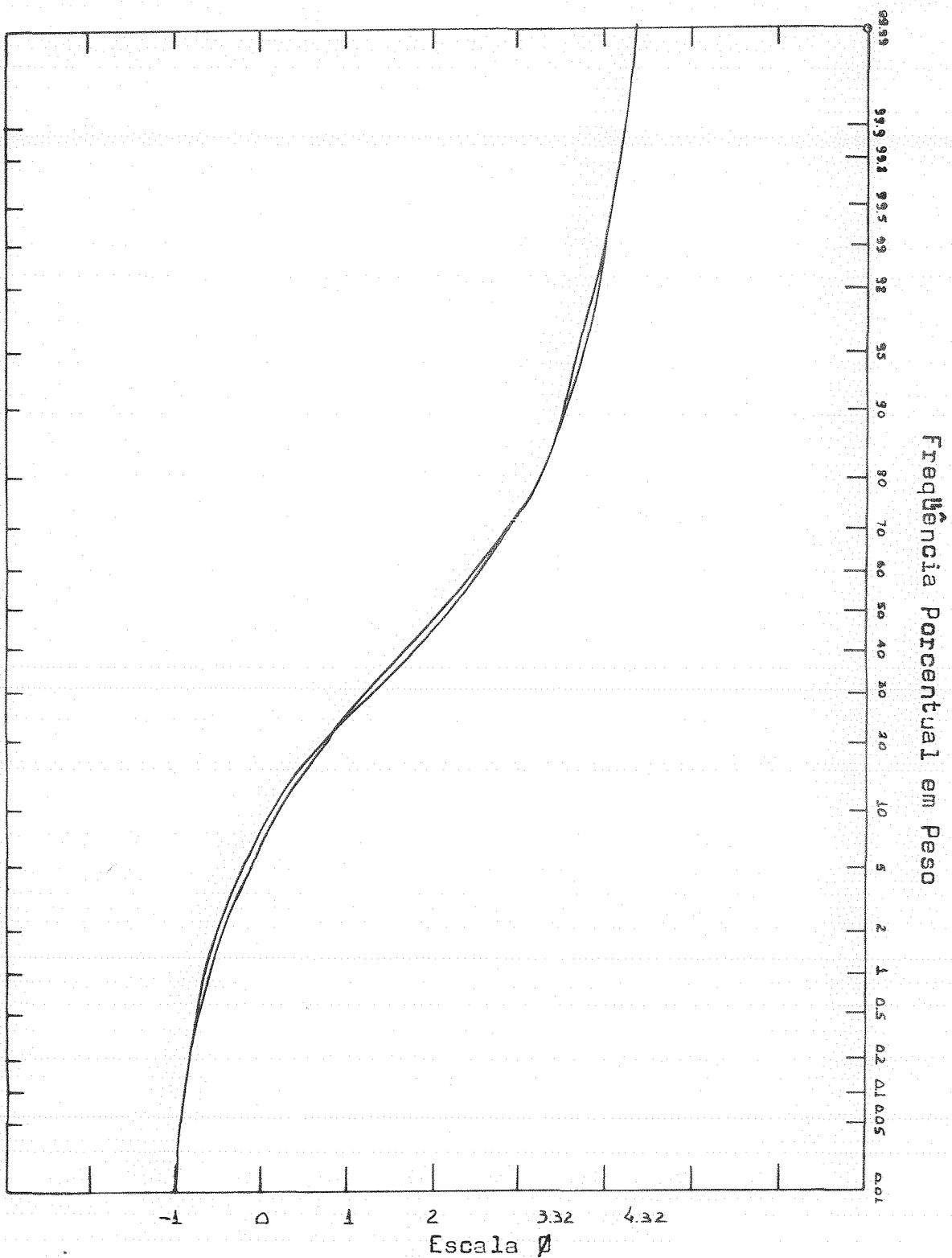


Fig. 5 . Curvas Acumulativas dos horizontes B₁ e B₂₁ do Perfil Atibaia.

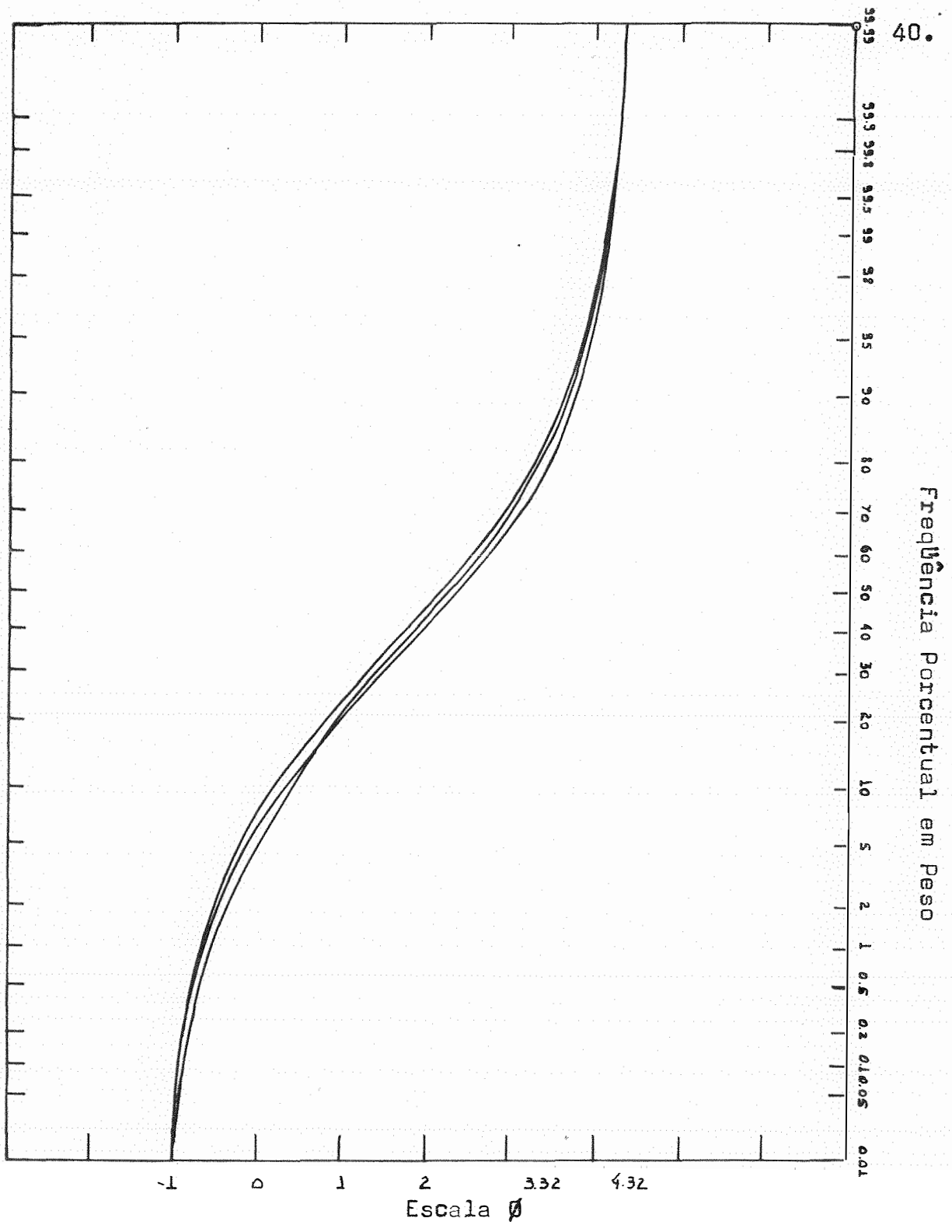


Fig. 6 . Curvas Acumulativas dos horizontes B₂₂, B₂₃ e B₃ do Perfil Atibaia.

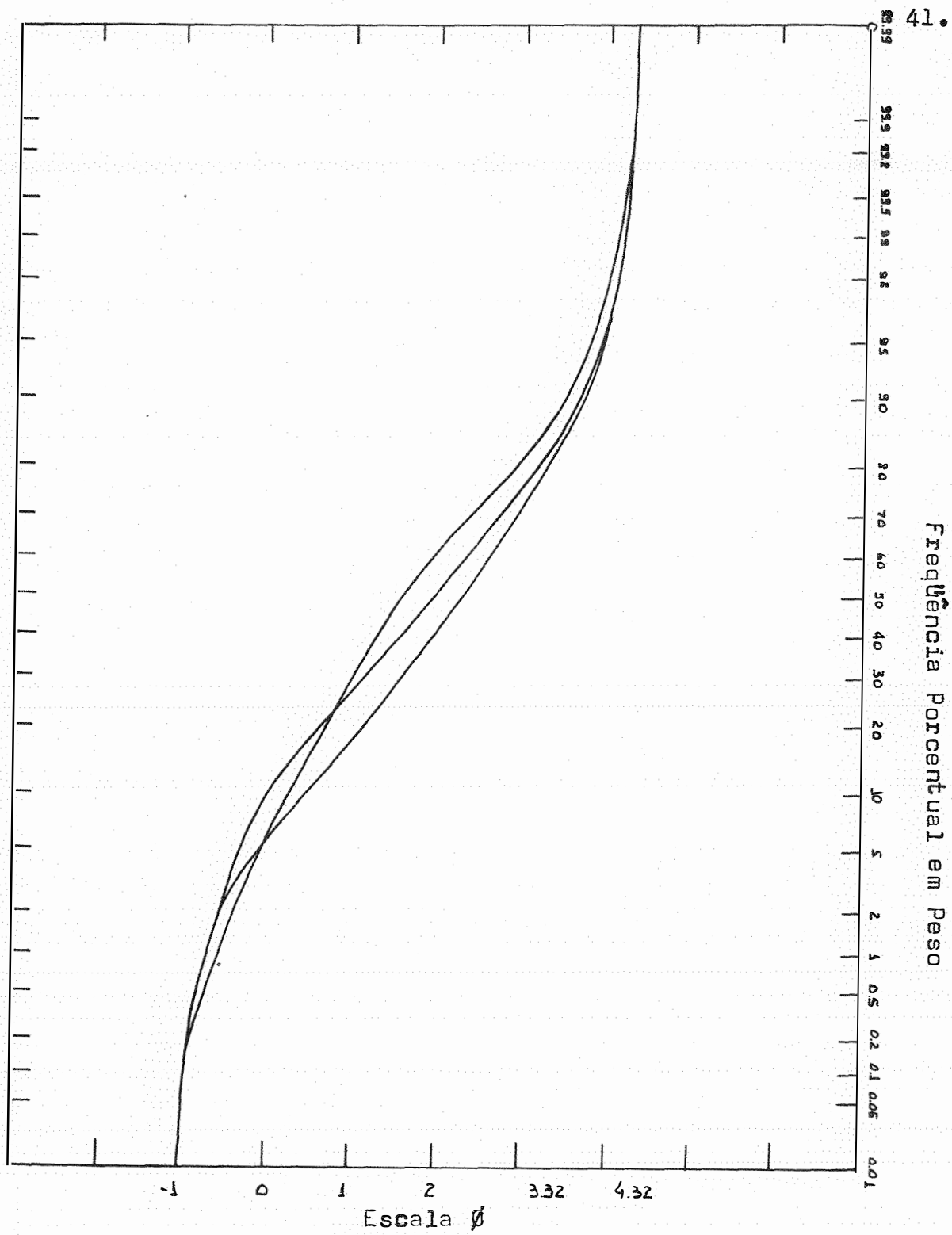


Fig. 7 . Curvas Acumulativas dos horizontes IIC₁, IIC₂ e IIC₃ do Perfil Atibaia.

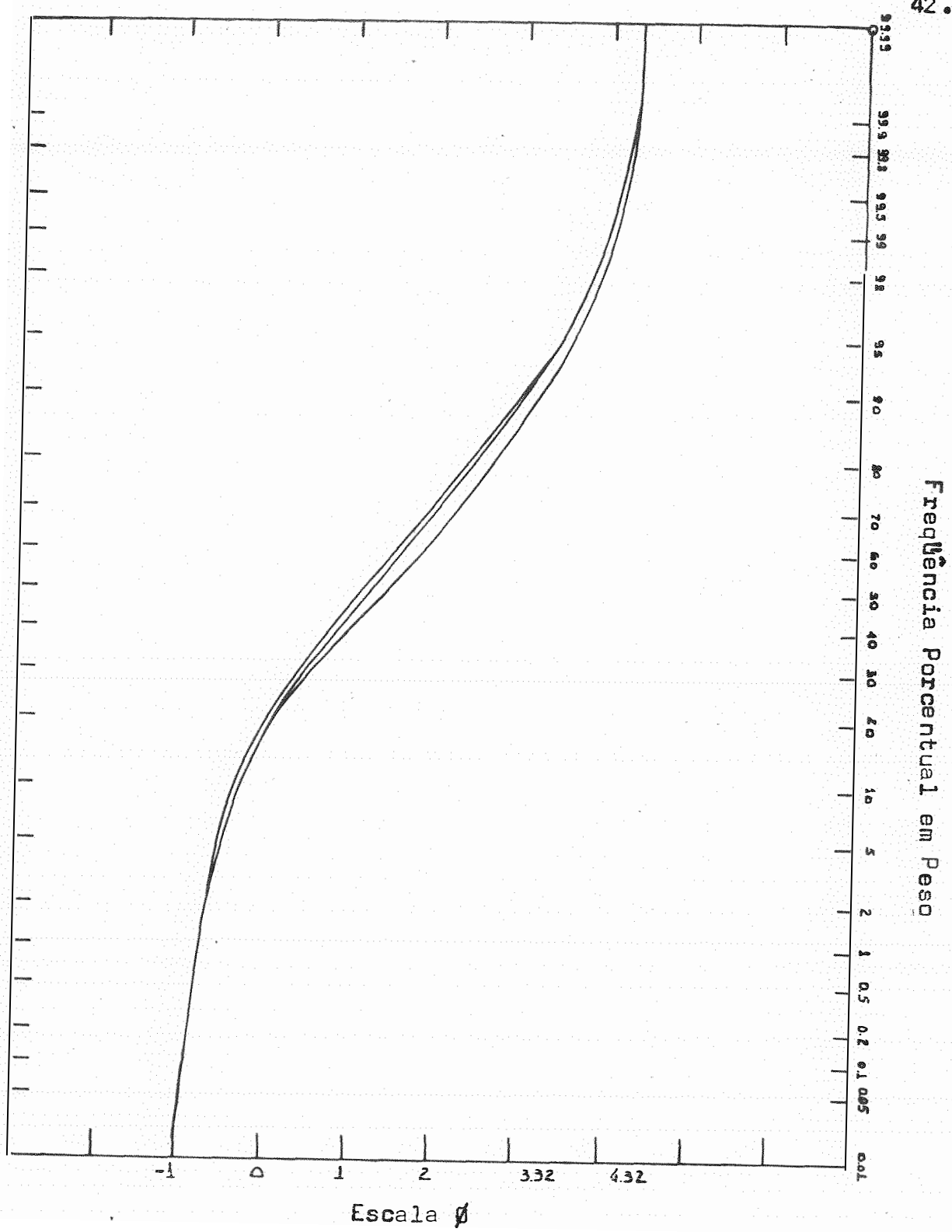


Fig. 8 . Curvas Acumulativas dos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3 do Perfil S. A. Jardim.

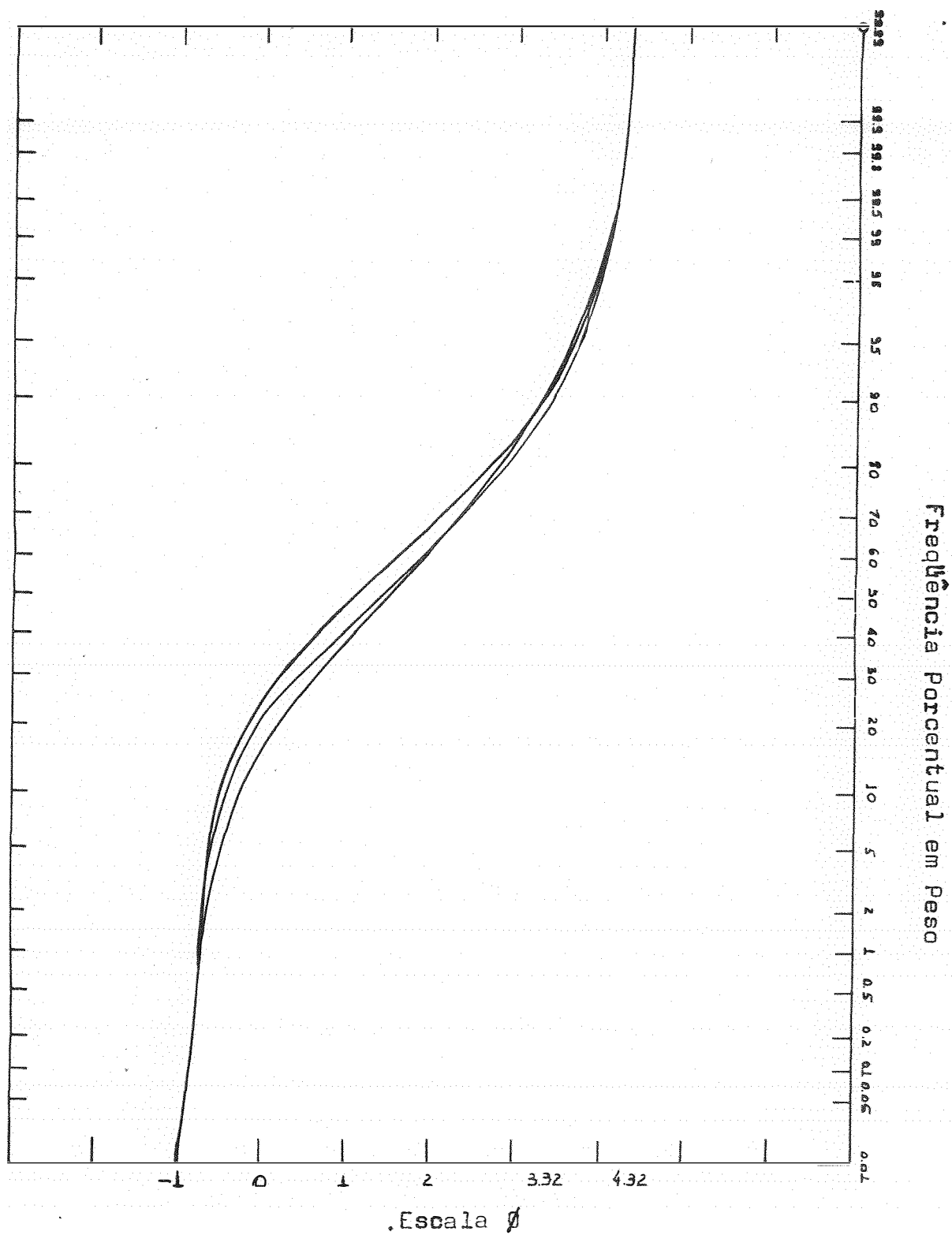


Fig. 9 . Curvas Acumulativas dos horizontes B_1 , B_{21} e B_{22}
do Perfil S. A. Jardim.

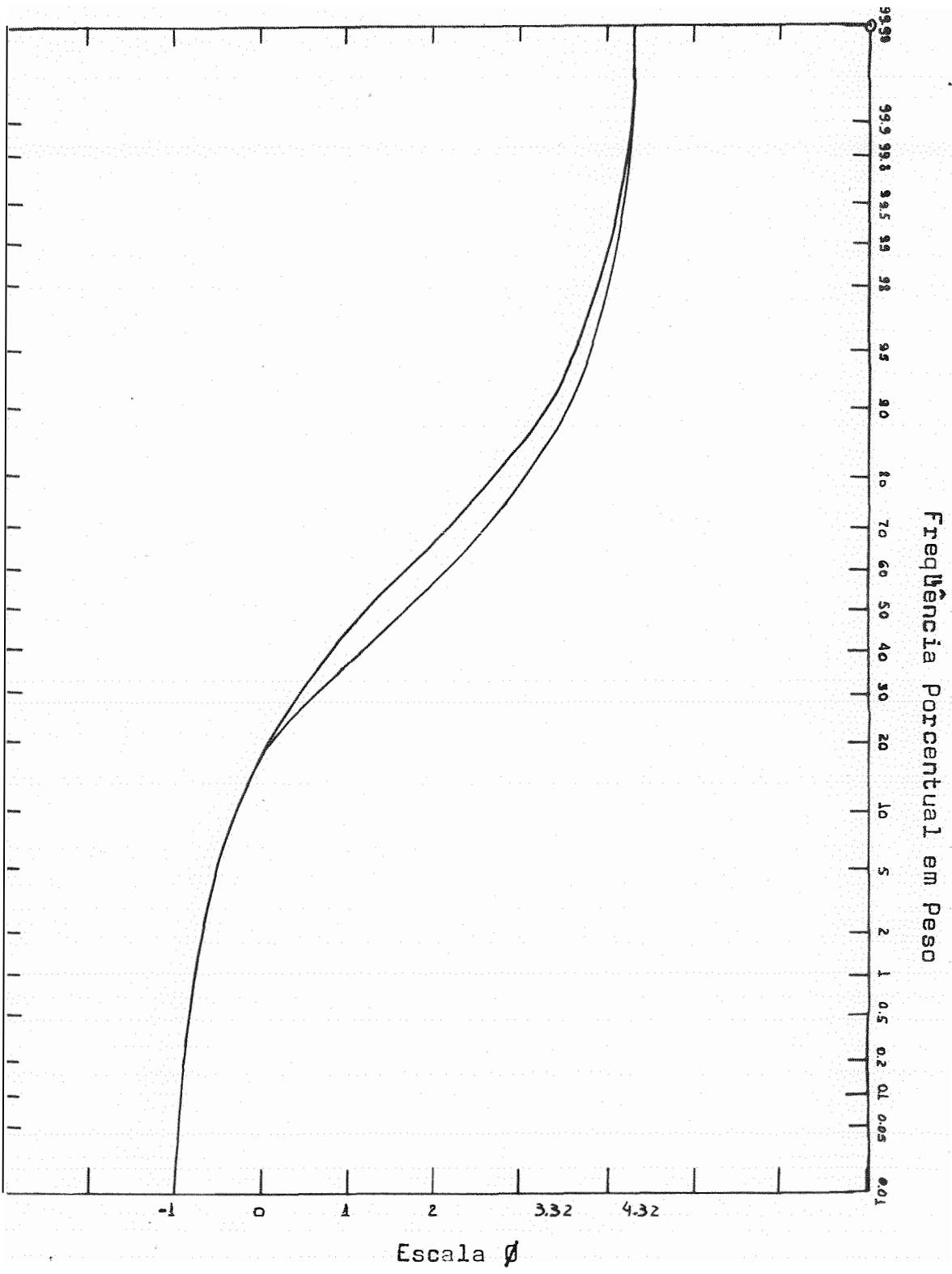


Fig. 10 . Curvas Acumulativas dos horizontes IIC₁ e IIC₂ do Perfil S. A. Jardim.

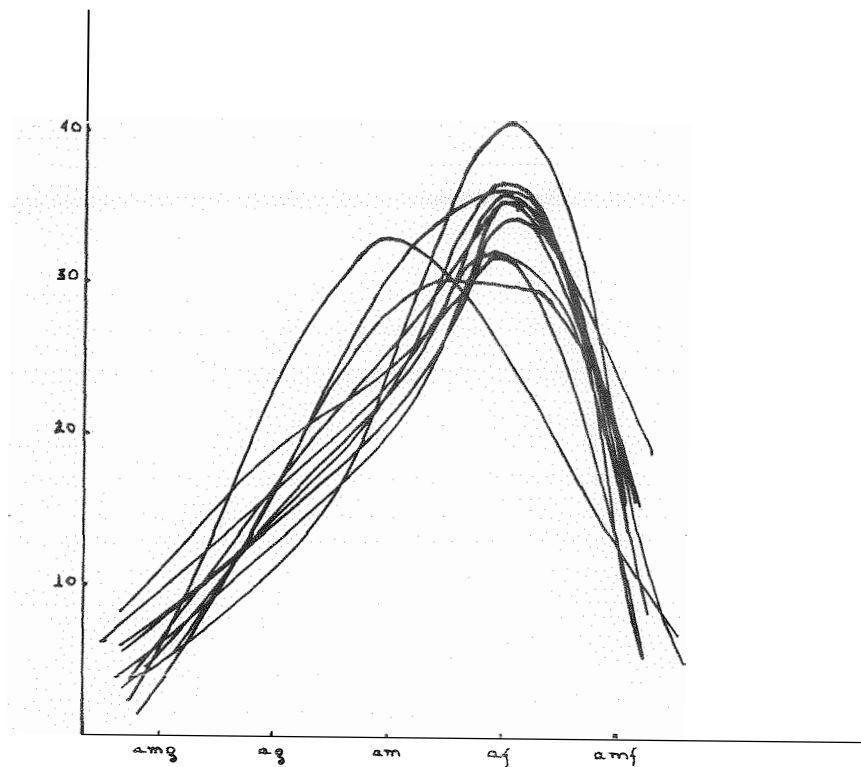


Fig. 11. Curvas de frequência de distribuição granulométrica do Perfil Atibaia.

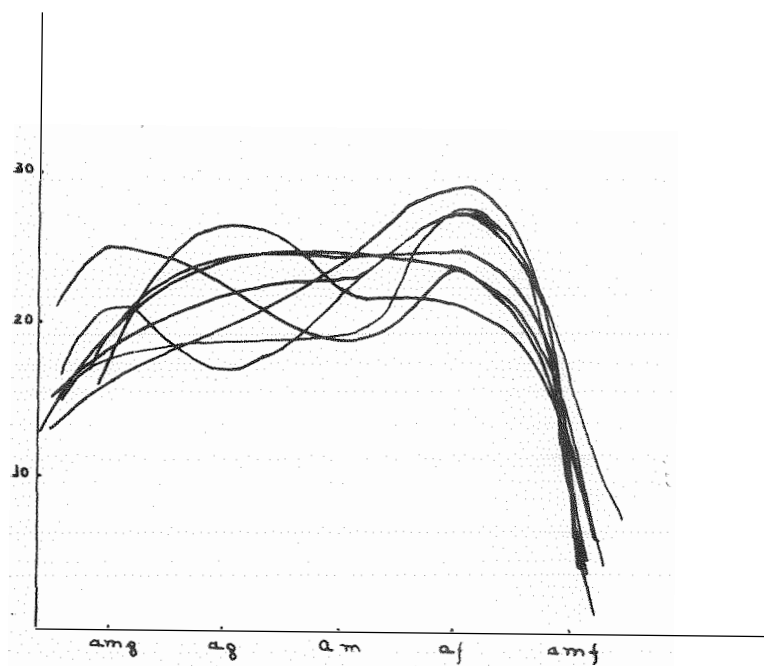


Fig. 12. Curvas de frequência de distribuição granulométrica do Perfil S. A. Jardim.

6.1.1. Diâmetro médio (M_z)

O diâmetro médio é considerado a medida de tendência central mais importante, porque é a que melhor - reflete a média geral de tamanho dos sedimentos (SUGUIO, - 1973), e é afetada por diversos fatores, como o tamanho - dos grânulos na fonte de suprimento do material, as condi- ções de transporte e o processo de deposição do material.

Os resultados da tabela 3 mostram a grande- uniformidade apresentada pelos horizontes do perfil S. A. Jardim, com valores de diâmetro médio entre 1,20 ϕ e 1,51- ϕ , sempre dentro da fração areia média. Também, o perfil - Atibaia mostra-se homogêneo ao longo de seus horizontes , com valores de diâmetro médio entre 1,70 ϕ e 2,24 ϕ . O per- fil Atibaia é de granulação mais fina que o S. A. Jardim , com valores de ϕ situados entre areia média e areia fina.

6.1.2. Desvio padrão (σ_I)

O diâmetro médio indica apenas o ponto cen- tral de uma distribuição, mas nada informa sobre o espalha- mento dos dados, de modo que duas curvas de mesmo diâmetro médio podem apresentar formas muito diferentes entre si. O desvio padrão permite medir o grau de dispersão dos dados, em torno da tendência central, de modo que quanto menor for o valor do desvio médio, melhor será o selecionamento do

material.

Ambos os perfis apresentam todos os horizontes pobremente selecionados (tabela 3), de acordo com Folk e Ward (SUGUIO, 1973), tornando-se, desse modo, homogêneos no que se refere a esse aspecto.

6.1.3. Assimetria (S_{KI})

O grau de assimetria mede a tendência dos dados de se dispersarem de um ou de outro lado da média, o que é indicado pelo afastamento do diâmetro médio em relação à mediana. Curva de distribuição normal, onde essas duas medidas coincidem, tem valores de $S_{KI}=1,00$.

Os resultados da tabela 3 indicam, para o perfil S. A. Jardim, apenas o horizonte B_{22} , com curva assimétrica e todos os demais horizontes com grau de assimetria próxima da curva de distribuição normal. O perfil Atibaia difere, nesse aspecto, do perfil S. A. Jardim, por apresentar horizontes B_2 , B_3 e IIC_2 com curvas de assimetria negativa, embora os valores de S_{KI} , encontrados para esses horizontes, fujam muito pouco da categoria de curvas simétricas, segundo escala proposta por Folk e Ward (SUGUIO, 1973).

As curvas que mostram assimetria negativa apresentam diâmetro médio situado na areia fina, enquanto,

que as curvas de assimetria positiva, ou simétricas, têm diâmetro médio situado na areia média. Essa não parece ser coincidência estatística, já que curvas de assimetria negativa tendem a deslocar o diâmetro médio para as partes mais finas dos sedimentos.

6.1.4. Curtose (K_g)

A medida de curtose mostra a relação existente entre a dispersão na parte central e nas extremidades das curvas, isto é, indica a razão de dispersão média das caudas das curvas em relação ao desvio padrão. Para curvas de distribuição normal, o valor de $K_g = 1,00$.

Todos os horizontes de ambos os perfis mostram valores de K_g inferiores a 1,00. Com exceção dos horizontes A_{11} , IIC_2 e IIC_3 , do perfil Atibaia, que mostram curvas mesocúrticas, os demais perfis apresentam curvas platicúrticas. As diferenças mais significativas entre os dois perfis, no que se refere à granulometria, são destacadas pela medida de curtose: os valores de curtose calculados para os horizontes do perfil S. A. Jardim são sempre inferiores a 0,80, enquanto que, para os horizontes do perfil Atibaia, são sempre superiores a 0,85. Isto indica que, embora platicúrticas, as curvas de distribuição de tamanho dos horizontes do perfil Atibaia são mais agudas que as do perfil S. A. Jardim.

6.1.5. Considerações gerais.

Os resultados da análise granulométrica, expressos nas tabelas 2 e 3, mostram grande uniformidade do material das frações areia, contituente dos dois solos. As curvas de frequência acumulada dos horizontes de cada perfil (figs. 4 a 10) confirmam essa afirmativa, situando-se umas sobre as outras, tanto entre os horizontes de um mesmo perfil, como entre os dois perfis. Nota-se uma tendência das curvas do perfil S. A. Jardim para se deslocarem para o lado das frações mais grosseiras, tendência essa denunciada pelo diâmetro médio (M_z), que, no perfil S. A. Jardim, mostra valores de ϕ inferiores aos do perfil Atibaia.

As figuras 11 e 12 ilustram o que os resultados da tabela 3 já haviam destacado: embora o perfil S.A. Jardim (fig. 12) apresente curvas de distribuição de frequência de tamanho aproximadamente simétricas, o espalhamento é muito grande, resultando curvas acentuadamente platicúrticas, como consequência do baixo grau de seletamento. No perfil Atibaia, as curvas têm menor espalhamento, tendendo a mesocúrticas, com uma moda mais acentuada, em torno da fração areia fina.

6.2. Análise mineralógica

6.2.1. Descrição dos minerais

Zirconita

Ocorrem dois tipos bem distintos de zirconita, em ambos os perfis: um tipo incolor, anguloso, sem inclusões, com cristais bem desenvolvidos, em forma e extremidades freqüentemente fraturados; outro tipo, de coloração - comumente amarelada, arredondado, rico em inclusões, que, - freqüentemente, tornam o grânulo escuro. Com exceção dos horizontes superiores (A_{11} a B_{22}) do perfil Atibaia, onde as proporções são semelhantes, o tipo arredondado predomina sobre o anguloso. Zirconita é mineral que deriva de rochas ígneas ácidas.

Turmalina

Em ambos os perfis, os grânulos são sub-arredondados a sub-angulosos, com poucas inclusões, predominando grânulos sem forma definida. No perfil Atibaia, ocorre turmalina de cor pardo-esverdeada (elbarita) e no perfil S. A. Jardim, exclusivamente a turmalina preta (shorlita), de intenso pleocroísmo. Segundo KRYNINE (1946), turmalinas pobres em inclusões derivam de rochas metamórficas.

Silimanita

Os grânulos são bem típicos, alongados, com

estrias e extremidades fraturados e irregulares. As inclusões são raras, fazendo com que os grânulos sejam límpidos. Ocorrem alguns grânulos de silimanita fibrosa. É mineral derivado de rochas de elevado grau de metamorfismo.

Rutilo

Os grânulos são prismáticos, angulosos, de brilho adamantino e coloração amarelada. MILNER (1962) considera os grânulos com essas características, como derivados de rochas ígneas.

Epídoto

São grânulos verde-claro, pálido, quase incolor e pleocroísmo muito fraco ou ausente, características não comuns nesse mineral. Os grânulos mostram-se arredondados ou sub-arredondados e exibem uma rugosidade típica. Epídoto deriva de rochas metamórficas.

Minerais opacos

A magnetita foi separada através de ímã, ocorrendo nas lâminas a ilmenita. Entretanto, devido à dificuldade de caracterização desses minerais, resolveu-se fazer a contagem em conjunto. Ambos os minerais mostram-se sub-angulares a sub-arredondados no perfil Atibaia e angulosos a sub-angulosos no perfil S. A. Jardim. Podem originar-se de rochas ígneas básicas.

6.2.2. Perfil Atibaia

O perfil Atibaia é pobre em minerais pesados, cujos teores variam entre 0,1% no horizonte A_{12} e 5,3% no horizonte A_{11} , ficando, todavia, entre 2 e 3,5% na maior parte dos horizontes. Não se encontrou uma explicação satisfatória para a grande variação dos teores de minerais pesados no perfil (tabela 4).

Entre os minerais pesados, predominam no perfil os minerais opacos (magnetita e ilmanita), com teores superiores a 50%, que diminuem nos horizontes inferiores, IIC_2 e IIC_3 , em favor de uma elevação brusca da quantidade de zirconita.

Os teores dos minerais transparentes foram recalculados em 100%, desprezando-se os minerais opacos, nas considerações em torno do resíduo pesado. Observa-se, pelas tabelas 5 e 6, um grande equilíbrio nas quantidades de turmalina, zirconita e silimanita, nos horizontes superiores (A_{11} a B_1). Esse equilíbrio permanece, nos demais horizontes, para turmalina e silimanita, mas não para zirconita. A figura 14 revela a nítida antipatia que existe entre zirconita e, principalmente, turmalina, nesses horizontes. Naqueles horizontes superiores, existe uniformidade entre os três minerais que se confundem, quanto aos teores. Nos horizontes situados abaixo do B_1 , é destacado

TABELA 4 . Porcentagem de minerais leves e pesados da fração areia muito fina do perfil Atibaia.

Horizontes	% leve	% pesado
A ₁₁	94,73	5,27
A ₁₂	99,93	0,07
A ₃	96,24	3,76
B ₁	96,60	3,40
B ₂₁	96,69	3,31
B ₂₂	98,11	1,89
B ₂₃	98,13	1,87
B ₃	97,37	2,63
IIC ₁	97,86	2,14
IIC ₂	99,17	0,83
IIC ₃	98,59	1,41

TABELA 5 . Frequência dos minerais pesados da fração areia muito fina do Perfil Atibaia.

MINERAIS	HORIZONTES											
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₁	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₃	IIC ₁	IIC ₂	IIC ₃	
Zirconita	68	61	71	67	109	77	93	79	93	110	49	
Turmalina	66	66	68	65	40	60	39	63	39	44	8	
Silimanita	63	68	59	67	46	61	57	52	53	38	8	
Estauroлита	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rutílio	1	4	2	1	3	1	5	3	6	15	-	
Epídoto	1	1	-	-	-	1	3	5	6	-	17	
Cianita	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
Zoisita	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Tremolita	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Dumortierita	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Número de Grânulos	200	200	200	200	200	200	200	202	197	207	82	
Relação Z/T	1,03	0,92	1,04	1,03	2,72	1,28	2,38	1,25	2,38	2,50	6,12	

TABELA 6 . Porcentagem dos minerais pesados do Perfil Atibaia (os minerais transparentes somam 100%)

Horizontes	Mo	Zi	Tu	Si	Es	Ru	Ep	Ci	Zo	Tr	Du
A ₁₁	61,4	34,0	33,0	31,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-
A ₁₂	57,2	30,5	33,0	34,0	-	2,0	0,5	-	-	-	-
A ₃	59,7	35,5	34,0	29,5	-	1,0	-	-	-	-	-
B ₁	54,2	33,5	32,5	33,5	-	0,5	-	-	-	-	-
B ₂₁	68,1	54,5	20,0	23,0	-	1,5	-	-	0,5	0,5	-
B ₂₂	55,7	38,5	30,0	30,5	-	0,5	0,5	-	-	-	-
B ₂₃	69,7	46,5	19,5	28,5	-	2,5	1,5	1,0	-	-	0,5
B ₃	65,8	39,1	31,2	25,8	-	1,5	2,5	-	-	-	-
IIC ₁	67,8	47,2	19,8	26,9	-	3,0	3,0	-	-	-	-
IIC ₂	46,4	53,1	21,3	18,4	-	7,2	-	-	-	-	-
IIC ₃	33,9	59,8	9,8	9,8	-	-	20,7	-	-	-	-

*MO = Minerais Opacos; Zi = Zirconita; Tu = Turmalina; Si = Silimanita; Es = Estauroli-
ta; Ru = Rutilo; Ep = Epídoto; Ci = Cianita; Zo = Zoisita; Tr = Tremolita; Du = Dumor-
tierita.

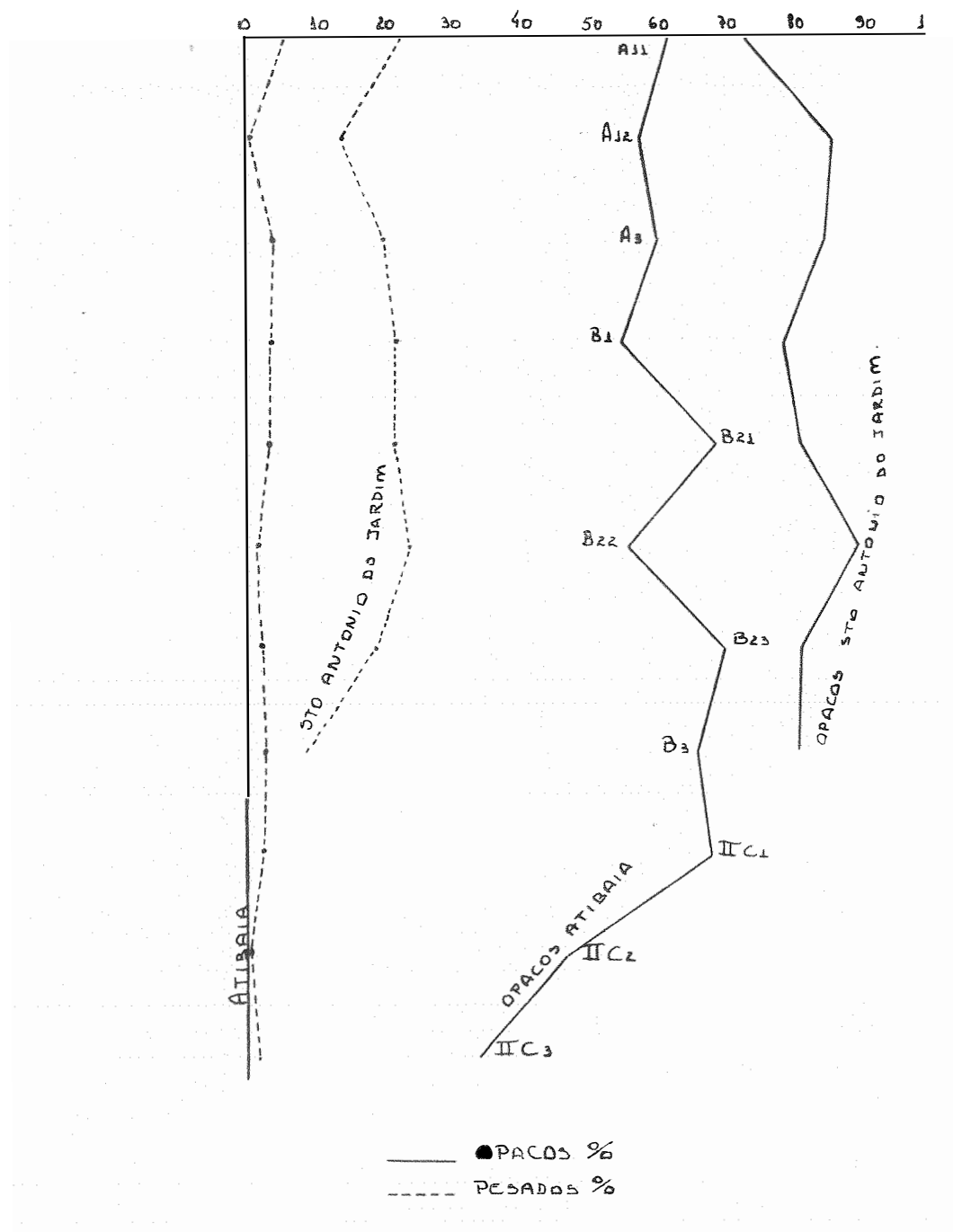
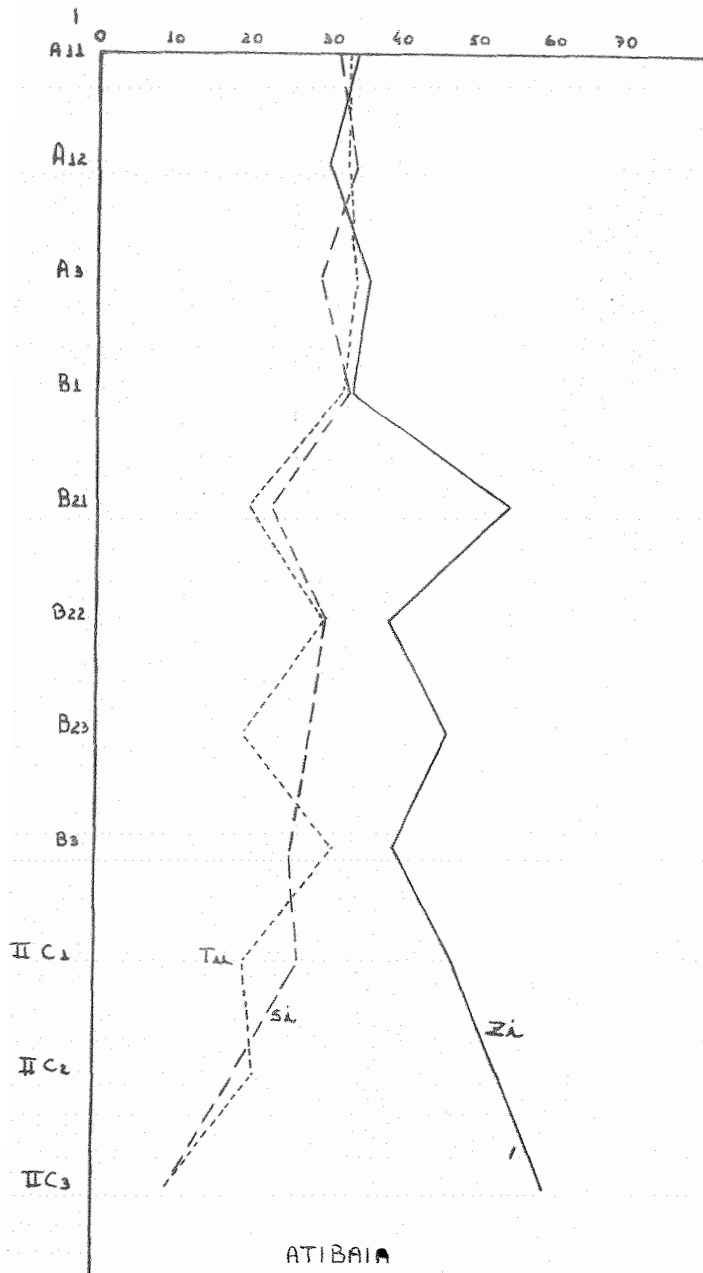


Fig. 13. Porcentagem de minerais opacos e transparentes nos horizontes.



— Zi
 - - - Tur
 - - - Si
 - - - Ru

Fig. 14. Porcentagem de zircônia, turmalina e silimanita do Perfil - Atibaia.

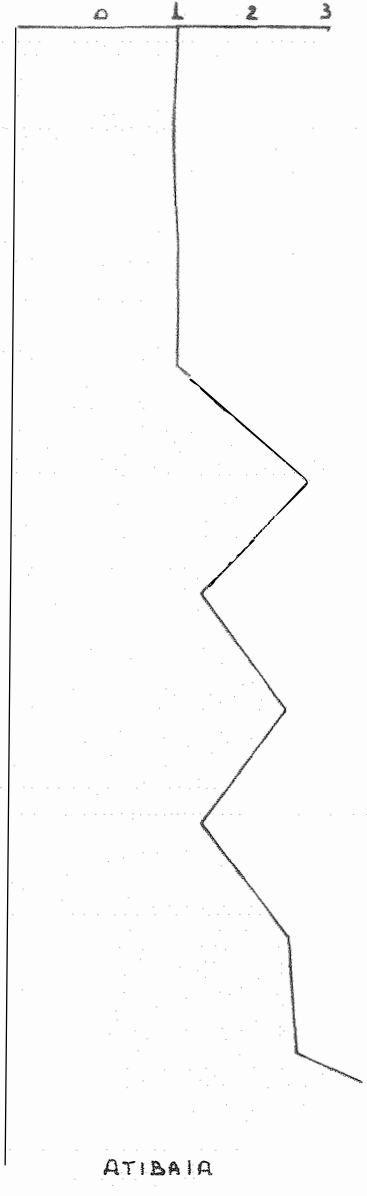


Fig. 15. Relação Z/T do Perfil Atibaia

o predomínio da zirconita.

Com relação aos demais minerais, destacam-se apenas rutilo e epídoto, com teores significativos. Constata-se uma súbita e inexplicável elevação no teor de rutilo, no horizonte IIC₂ e de epídoto, no horizonte IIC₃.

Os valores calculados para a relação zirconita/turmalina, de acordo com a tabela 5, mostram a ocorrência de variações acentuadas, perfeitamente visíveis na figura 15. A alternância que ocorre nos horizontes situados abaixo do B₁, estão a indicar que os horizontes B₂₁, B₂₃, IIC₁ e IIC₂ receberam contribuição de material não existente nos outros horizontes. O horizonte IIC₃, nesse particular, difere dos demais pela elevada relação Z/T, igual a 6,12.

A ocorrência de uma linha de pedras entre os horizontes B₃ e IIC₁, conforme consta da descrição morfológica desse perfil, coincide com a contínua elevação no teor de zirconita, nos horizontes C. Essa possível continuidade litológica é confirmada pela granulometria, que mostra o horizonte B₃ com diâmetro médio de 2,24 ϕ (areia fina) e o IIC₁, com diâmetro médio de 1,92 ϕ (areia média). As demais variações na relação Z/T não são confirmadas, nem pela presença de linhas de pedras e nem pela granulometria.

6.2.3. Perfil S. A. Jardim

O perfil S. A. Jardim, ao contrário do Atibaia, é extremamente rico em minerais pesados, com teores em torno de 20%, a exceção dos horizontes A_{12} e IIC_2 , como pode ser verificado na tabela 7.

A predominância de minerais opacos, no resíduo pesado é, neste perfil, ainda mais acentuada que no perfil Atibaia, com teores sempre superiores a 70%, chegando a 89% no horizonte B_{22} (tabela 8 e 9). Também aqui, a ocorrência de minerais opacos restringe-se à presença de magnetita e ilmenita.

Zirconita tem predominância absoluta, entre os minerais pesados transparentes, desaparecendo quase totalmente a turmalina, que ocorre em quantidades inferiores não só à silimanita, mas, também, ao rutilo e epidoto. A tabela 9 mostra que o teor mínimo de zirconita é de 88,3% para o horizonte B_{22} , chegando a praticamente 95% no horizonte IIC_2 . De outro lado, turmalina sempre ocorre com teor inferior a 2%, chegando a se ausentar nos horizontes A_3 . Também silimanita, acompanhando novamente a turmalina, sofre um decréscimo muito acentuado em quantidade, nunca ultrapassando 6% do total de minerais pesados transparentes.

A grande homogeneidade do perfil é destaca

TABELA 7 . Porcentagem de minerais leves e pesados da fração areia muito fina do Perfil S. A. Jardim

Horizontes	% leve	% pesado
A ₁₁	77,22	22,78
A ₁₂	86,54	13,46
A ₃	80,43	19,57
B ₁	78,41	21,59
B ₂₁	78,51	21,49
B ₂₂	75,96	24,04
IIC ₁	81,63	18,37
IIC ₂	91,23	8,77

TABELA 8 . Frequência dos minerais pesados na fração areia muito fina do Perfil S. A. Jardim.

MINERAIS	HORIZONTES							
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₁	B ₂₁	B ₂₂	IIC ₁	IIC ₂
Zirconita	189	184	188	188	190	181	185	192
Turmalina	2	2	-	1	2	4	3	2
Corindon	-	1	-	-	-	1	1	-
Silimanita	9	10	12	7	7	11	8	3
Rutílo	-	3	-	4	2	4	8	3
Epídoto	2	2	4	2	3	4	3	2
Cianita	-	-	-	-	-	-	-	1
Número de Grânulos	202	202	204	202	204	205	208	203

TABELA 9 . Porcentagem dos minerais pesados do Perfil S. A. Jardim (os minerais transparentes somam 100%).

Horizontes	Minerais Opacos	Zircônia	Turmalina	Corindon	Silimnita	Rutilo	Epido-to	Cianita
A ₁₁	72,5	93,6	1,0	-	4,5	-	1,0	-
A ₁₂	85,2	91,1	1,0	0,5	4,9	1,5	1,0	-
A ₃	84,1	92,2	-	-	5,9	-	2,0	-
B ₁	78,4	93,1	0,5	-	3,5	2,0	1,0	-
B ₂₁	80,7	93,1	1,0	-	3,4	1,0	1,5	-
B ₂₂	89,0	88,3	1,9	0,5	5,4	2,0	2,0	-
IIC ₁	80,3	88,9	1,4	0,5	3,9	3,9	1,4	-
IIC ₂	80,3	94,6	1,0	-	1,5	1,5	1,0	0,5

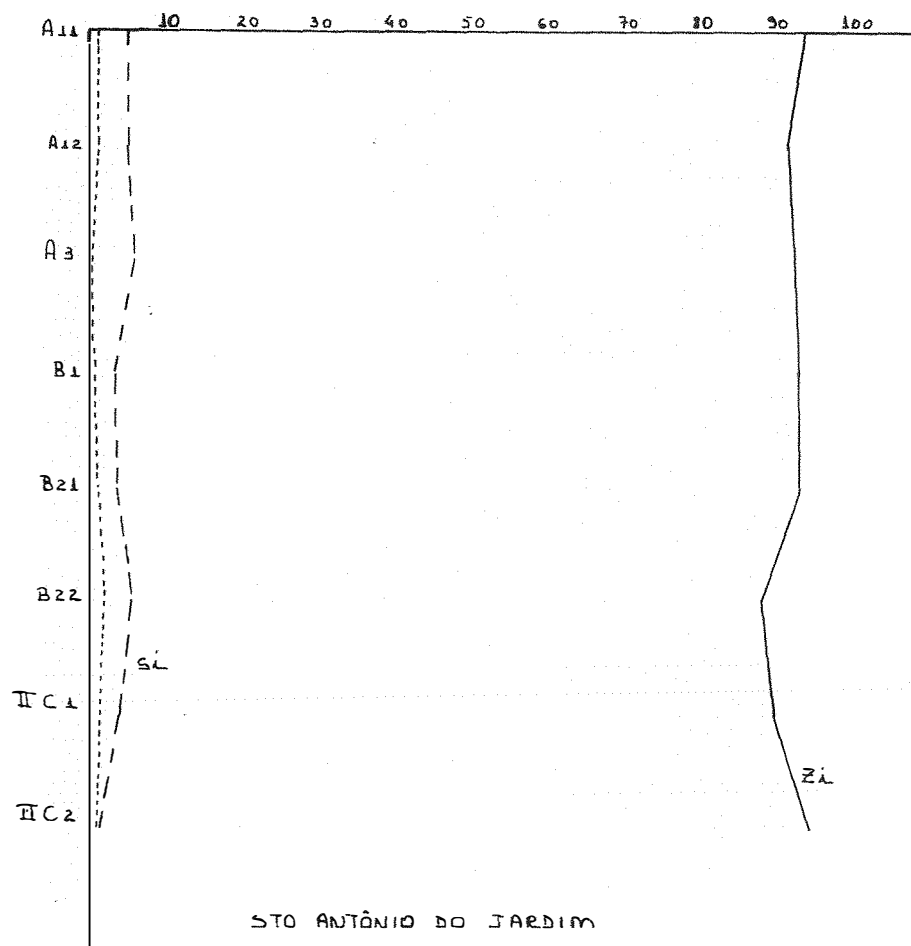


Fig. 16. Porcentagem de minerais pesados do Perfil S. A. Jardim.

da na figura 16, onde se verifica que os teores de zirconita, silimanita e turmalina sofrem uma variação mínima ao longo do perfil, que pode ser atribuída ao acaso.

Com relação aos demais minerais, também nesse perfil, merecem destaque apenas rutilo e epídoto, com a mesma característica de homogeneidade ao longo do perfil.

A inexistência de outros minerais, além da zirconita, em quantidades apreciáveis, impede o cálculo de relações entre minerais estáveis, a exemplo da relação Z/T, calculados para o perfil Atibaia. Entretanto, o simples exame das tabelas 8 e 9 e o gráfico 16 é suficiente para concluir pela inexistência de descontinuidades litológicas.

Essa afirmativa é confirmada pelos resultados da análise granulométrica, mas não pela descrição morfológica do perfil, que consta a presença de linha de pedras, entre os horizontes B₂₂ e IIC₁. Todavia, como é constante a presença de seixos em todos os horizontes, é provável que essas linhas de pedras resultem de um maior acúmulo daqueles seixos no local mencionado, deslocando, desse modo, a associação dessa linha com possível descontinuidade litológica. De acordo com RUHE (1958) e com SPRINGER (1958, - linhas de pedras podem ter diversas origens, nem sempre

associadas à descontinuidades litológicas.

6.2.4. Comparação entre os perfis Atibaia e S. A. Jardim.

Os dois perfis diferem acentuadamente quanto aos teores de minerais pesados, que chegam a ser quase insignificantes no perfil Atibaia, mas que no perfil S.A. Jardim, chegam a constituir cerca de 1/4 do solo.

Com relação aos minerais pesados, qualitativamente os dois perfis se assemelham, já que mostram a mesma assembléia de minerais, mas essa semelhança não é quantitativa, onde as diferenças são bem caracterizadas: S. A. Jardim tem quase exclusivamente zirconita, enquanto que Atibaia mostra uma maior quantidade de equilíbrio entre os teores de zirconita, silimanita e turmalina. O elevado teor de zirconita nesses perfis pode ser explicado, em parte, como consequência do tamanho da fração de areia estudada: zirconita é, originariamente, um mineral de tamanho pequeno, ao contrário de turmalina e silimanita, minerais metamórficos, de tamanho maior na rocha de origem. Desse modo, o estudo de frações de areia granulométricamente maiores talvez não confirmem os resultados quantitativos aqui obtidos.

A figura 17 permite comparar a homogeneidade dos horizontes dos dois perfis, quanto a sua mineralo-

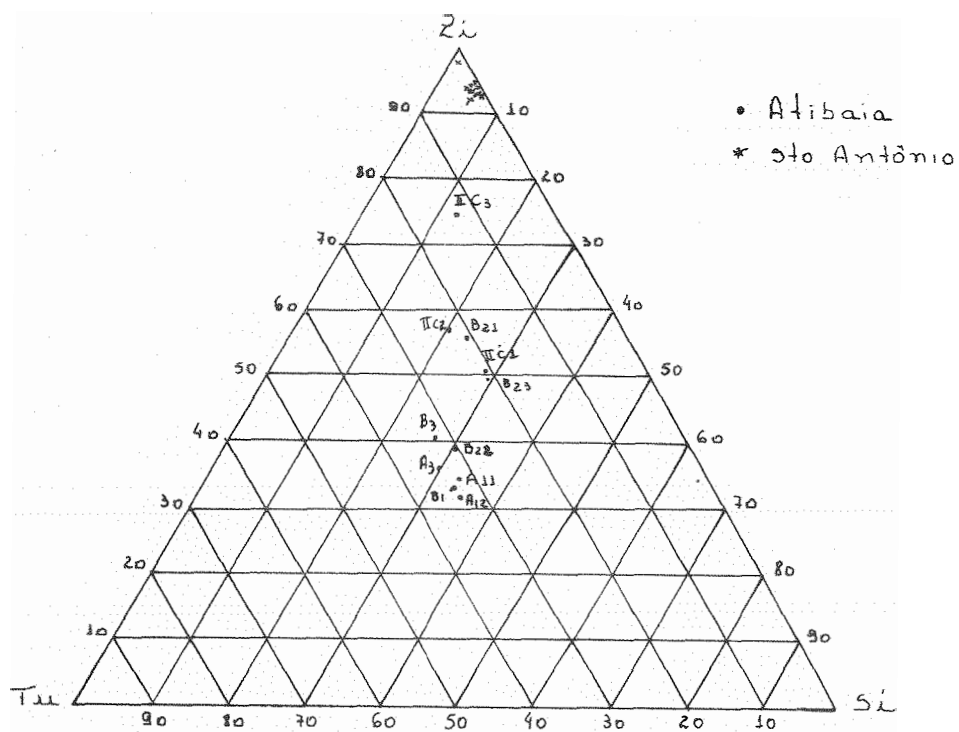


Fig. 17. Relação zirconita/turmalina/silimanita dos perfis Atibaia e S. A. Jardim.

gia. O perfil S. A. Jardim mostra sua maior homogeneidade, com todos os horizontes concentrando-se em uma só região do gráfico. O mesmo não sucede com o perfil Atibaia, que mostra maior dispersão de horizontes, com três regiões - bem distintas, de acordo com a relação Z/T calculada.

Os minerais encontrados nesses solos são - de elevada estabilidade química, o que denota maturidade mineralógica dos solos, não se devendo esperar modificações acentuadas em sua mineralogia, sem que ocorram contribuições externas. A proveniência desses minerais está ligada a rochas ígneas (zirconita, minerais opacos e rutilo) e a rochas metamórficas de alto grau (silimanita, turmalina, epídoto). Segundo BJORNBERG (1965), silimanita poderia ter derivado diretamente de rochas metamórficas regionais pré-cambrianas, enquanto que zirconita e turmalina derivariam de sedimentos retrabalhados, que capeariam o complexo cristalino, em épocas anteriores. Essa conclusão é válida para as presenças de turmalina e zirconita - com alto grau de arredondamento. Para zirconita angulosa e silimanita, o transporte parece não ter sido muito acentuado, devendo, desse modo, creditar sua origem às rochas pré-cambrianas da própria Serra da Mantiqueira.

6.3. Arredondamento

O estudo de arredondamento de grânulos

TABELA 10 . Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do Perfil Atibaia.

HORIZONTES	GRAU DE ARREDONDAMENTO							MÉDIA	
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7		
	a	A ₁₁	-	16	26	4	4		-
b	A ₁₂	1	14	27	5	3	-	-	0,29
c	A ₃	1	20	18	3	6	2	-	0,30
d	B ₁	-	15	25	5	4	1	-	0,30
e	B ₂₁	-	22	23	2	3	-	-	0,32
f	B ₂₂	-	17	21	6	5	1	-	0,30
g	B ₂₃	2	17	22	5	3	1	-	0,29
h	B ₃	1	14	24	5	6	-	-	0,30
i	IIC ₁	1	18	22	4	4	1	-	0,29
j	IIC ₂	-	12	27	4	5	2	-	0,32
k	IIC ₃	2	22	17	4	3	3	-	0,29

Grânulos sub-arredondados (Pettijohn, 1957) 0,25 a 0,40.

TABELA 11 . Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do Perfil S.A.Jardim.

HORIZONTES	GRAU DE ARREDONDAMENTO							MÉDIA
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
A ₁₁	-	16	22	4	3	5	-	0,32
A ₁₂	1	16	24	3	3	3	-	0,30
A ₃	-	18	19	4	3	4	2	0,32
B ₁	2	14	19	4	7	4	-	0,32
B ₂₁	-	15	23	6	2	4	-	0,31
B ₂₂	-	14	26	6	3	1	-	0,30
IIC _i	1	16	22	5	3	3	-	0,30
IIC ₂	2	20	23	2	1	2	-	0,27

Grânulos sub-arredondados (Pettijohn, 1957) 0,25 a 0,40.

permite obter informações sobre o transporte do material - constituinte dos sedimentos. Segundo WADELL (1935), elevado grau de arredondamento indica transporte sob condições não rigorosas, incapaz de fragmentar os minerais, mas suficiente para provocar a abrasão e o desgaste dos grânulos.

Grânulos arredondados e fraturados indicam excessivo rigor no último estágio de transporte. Para KRUMBEIN (1941) partículas angulares tornam-se rapidamente arredondadas durante a fase inicial do transporte, após o que, o processo de arredondamento torna-se muito lento.

Os grânulos de quartzo da areia muito fina dos solos estudados, mostram grau de arredondamento entre 0,27 e 0,32 e, de acordo com PETTICORN (1957), estão classificados como grânulos sub-arredondados. Nesse aspecto, não existem diferenças significativas, nem entre perfis e nem entre horizontes, dentro de um mesmo perfil. As tabelas 10 e 11 permitem observar que cerca de 80% dos grânulos apresentam grau de arredondamento entre 0,2 e 0,3 e os restantes 20%, de 0,4 a 0,6, nesse caso, considerados grânulos arredondados.

Segundo Twenhofel (in CARVALHO, 1954), o arredondamento de grânulos menores que 100 micrometros é provocado por agentes eólicos, mas não apresenta dados que permita verificar os limites dos índices para o transporte eólico e aquoso. Entretanto, o fato de a grande maioria de grânulos apresentar graus de arredondamento en-

tre 0,2 e 0,3, permite considerar esse material como tendo sido trabalhado por água.

Os mesmos valores de arredondamento, encontrados para os dois perfis, estão indicando que as diferenças de granulometria entre esses perfis, vistos anteriormente, devem ser atribuídos ao tamanho dos grânulos na rocha original e não ao meio de transporte.

Os valores de arredondamento não confirmam a existência das descontinuidades litológicas, sugeridas pela presença de linhas de pedras nos dois perfis e pela relação Z/T, no perfil Atibaia.

7. CONCLUSÕES

Os perfis Atibaia e S. A. Jardim mostram - muita semelhança granulométrica, com diâmetro médio entre areia média e areia fina. São pobremente selecionados e as curvas de distribuição de frequência granulométrica são aproximadamente simétricas. Granulometricamente, são solos pouco desenvolvidos.

A semelhança mineralógica não acompanha a granulométrica. Os dois perfis contêm os mesmos minerais pesados, mas essa semelhança é apenas qualitativa e não - quantitativa. O perfil Atibaia apresenta equilíbrio nos teores de zirconita, silimanita e turmalina, enquanto que o perfil S. A. Jardim é extremamente rico em zirconita, pobre em silimanita e quase ausente em turmalina.

A composição mineralógica indica contribuição tanto de rochas de alto grau de metamorfismo, como de

rochas ígneas ácidas, no perfil Atibaia e a contribuição mais acentuada de rochas ígneas ácidas no perfil S.A.Jardim.

Os valores relativamente baixos do grau de arredondamento indicam transporte aquoso, pouco intenso, do material.

A relação zirconita/turmalina, no perfil - Atibaia e a presença de linhas de pedras nos dois perfis - sugerem a existência de descontinuidades litológicas nesses solos. Essas descontinuidades têm, no perfil Atibaia, a confirmação da granulometria, mas não a do arredondamento. No perfil S.A.Jardim, tanto a granulometria, como o arredondamento não confirmam a existência de descontinuidades. Novos estudos devem ser realizados, a fim de verificar a ocorrência dessas descontinuidades e a origem das linhas de pedras.

A mineralogia e o arredondamento do material constituinte indicam que este derivam, em parte, de sedimentos anteriores retrabalhados, e, em parte, das rochas locais do complexo cristalino.

8. SUMMARY

The granulometry and the mineralogy of the heavy fraction of very fine sand (53 - 105 μm) are studied in two profiles of soils from Serra da Mantiqueira. In light fraction was studied the roundness. The soils, classified as Red Yellow Latossol orto type (Acrorthox) are found at Atibaia and Santo Antonio do Jardim counties.

The purpose of this work is the characterization of the original material and the comparison between both soils, based on the morfological resemblance observed before.

With the analysis of the result it is possible to conclude that the soils have a granulometrical and mineralogical resemblance, but the soils differ in the amounts of zirconite, tourmaline and silimanite, but in Santo Antonio do Jardim's profile occurs a predominance of zir

conite.

The original material is derived from reworked older sediments, and from igneous and metamorphic rocks.

The possibility of lithological discontinuities is not confirmed by granulometry and roundness, even if the zirconite/tourmaline relation and the existence of stone lines at the profiles may suggest it. New researches must be done to clarify this point.

9. BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, N.H. and JACKSON, M.L. 1953. Iron Oxide Removal from Soils and Clays, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17:359 - 364.
- ALMEIDA, F.F.M., 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo. Inst. Geog. Geol. Bul. 41. 167-273.
- ALTAFIN, A., 1977. Granulometria da fração grosseira de solos desenvolvidos sobre o Arenito Bauru. Piracicaba ESALQ/USP. 90 p. (Dissertação de Mestrado).
- AMARAL, S.E. 1955. Sedimentologia e Geologia das Camadas-Perfuradas na Região da Foz do Rio Amazonas. Fac.Fil. Cien.Let., USP, Bol. 192, Geol. 12. 93 p.

- ARNEMAN, H.F., KHAN, A.D. and Mc MILLER, P.R., 1958 Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Related Minnesota Prairie Soils. Univ. Minn. Agr. Exp. Sta. - Tech. Bull. 227. 47 p.
- BAHIA, V.G., 1973. Contribuição ao estudo da mineralogia de um Latossol Vermelho Amarelo-fase arenosa do Município de Iracemópolis. Piracicaba, ESALQ/USP. 75 p. - (Dissertação de Mestrado).
- BJORNBERG, A.J.S., 1965. Sedimentos pós-cretácicos do leste do Estado de São Paulo, São Carlos. Esc. Eng. São Carlos, USP. 133 p. (Tese de Livre Docência).
- BONI, N.R., 1976. Descontinuidade litológica em solos do Município de São Paulo, S.P. Piracicaba ESALQ/USP. 52 p. (Dissertação de Mestrado).
- BREWER, R., 1964. Fabric and minerals analysis of soils . New York, Wiley and Sons. 470 p.
- BUOL, S.W., F.D. HOLE and R.J. Mc CRACKEN 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University - Press, Ames, Iowa. USA. 3ª ed. 360 p.
- CAMARGO, T. e VAGELER, P. 1937. Analyse de Solos (II) : 1. Analyse Mineralógica. Bol. Téc. nº 31 do Inst. Agron. de Campinas. 22 p.
- CAMPINAS, Instituto Agrônômico, 1969. Manual para descrição do solo no campo. Campinas. Bol. 188. 48 p.

- CARROL, D., 1938. Recording the results of heavy mineral-analysis. Jour. Sed. Petrol. 8:3-9.
- CARVALHO, A., et alii. 1975. Levantamento Pedológico Semi detalhado do Município de Atibaia, SP. Bragantia 34 : 1-59.
- CARVALHO, A.M.V., 1954. Contribuição ao Estudo Petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol. - Soc. Bras. Geol. 3(1): 51 - 72.
- COGEN, W.M., 1935. Some Sugestions for Heavy Mineral Investigations of Sediments. J. Sed. Petro. 5: 3 - 8 .
- COMISSÃO DE SOLOS. 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Bol. Serv. Nac. -- Pesq. Agron., Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 12: 1 - 634.
- DE MARTONE, E., 1943. Problemas morfológicos do Brasil -- Tropical Atlântico. Rev. Bras. Geogr. 5(4):523-550.
- DEFONTAINES, P., 1935. Regiões e paisagens do Estado de São Paulo. Primeiro esboço da divisão regional. Geografia, São Paulo 1(2): 117-160.
- DOEGLAS, D.J., 1939. The Importance of Heavy Mineral Analysis to Regional Sedimentary Petrology. Rept. Comm.- Sedimentation, National Research Council : 102 - 121.
- DROSDOFF, M. and MILES, E.F., 1938. Action of Hidrogen Peroxide on Weathered Mica. Soil Sci. 46: 391-393.

- FOLK, R.L., and W.C. WARD, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J. Sed. Petr., 27: 3-27.
- FRIEDMAN, G.M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics, J. Sed. Petr., 31: 514-529.
- GALHEGO, H.R., 1977. Mineralogia de solos de uma topossequência na região de contato do Planalto Ocidental - com as Cuestas basálticas do Município de Botucatu , S.P. Piracicaba ESALQ/USP. 62 p. (Dissertação de Mestrado).
- GUERRERO, G.P., 1958. Micromineralogia de Suelos, Sedimentos e Rochas Terciárias do Valle del Genil (Puente Genil, Ecija). Annales de Edaf. y Fisiol. Veg. 9-10:713 - 754.
- HASEMAN, J.F. and MARSHALL, C.E., 1945. The Use of Heavy-Minerals in Studies of the Origin and Development of Soils. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 387. 75 p.
- HENDRICK, J. and NEULANDS, 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.
- HUMBERT, R.P. and MARSHALL, C.E., 1943. Mineralogical and Chemical Studies of Soil Formation from Acid and Basic Rocks in Missouri. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 359, 60p.

- JACKSON, M.L. 1956. Chemical Analysis. Advanced Course. -
Pub. by the Author. Dept. of Soils, Univ. of Wis., Ma-
dison, Wis. U.S.A. 991 p. (mimeo)
- JEFFRIES, C.D., 1937. The Mineralogical Composition of
the Very Fine Sands of Some Pennsylvania Soils. Soil-
Sci. 43:357-366.
- JEFFRIES, C.D., and WHITE, J.W., 1937. Some Mineralogical
and Chemical Characteristics of a Hagerstown Soil Pro-
file Soil Sci. Soc. Am. Proc. 2:133-141.
- JEFFRIES, C.D., and WHITE, J.W., 1938. Variations in the-
composition of feldspar from a Hagerstown soil. Soil-
Sci. Am. Soc. Proc. 3:26-31.
- JEFFRIES, C.D., 1941. A Method of Preparing Soils for Pe-
trographic Analysis. Soil Sci. 52:451-454.
- JEFFRIES, C.D., 1946. A Rapid Method for the Removal of
Free Iron Oxides in Soil Prior to Petrographic Analy-
sis.
- JEFFRIES, C.D. and JACKSON, M.L., 1949. Mineralogical A-
nalysis of Soils. Soil Sci. 68:57-73.
- KILMER, V.J. and ALEXANDER, L.T., 1949. Method of Making-
Mechanical Analysis of Soils. Soil Sci. 68:15-26.
- KREBS, R.D. and TEDROW, J.C.F., 1957. Genesis of Three -
Soils Derived from Wiscosin Till in New Jersey. Soil-
Sci. 83:207-218.

- KRUMBEIN, W.C. and PETTICHOHN, F.J., 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York, U.S.A. 549 p.
- KRUMBEIN, W.C., 1941. The Effects of Abrasion on the Size, Shape and Roundness of Rock Fragments. J. Geol. 49(5): 449-482.
- KRYNINE, P.D., 1946. The tourmaline group in sediments. J. Geol. 54(2): 65-87.
- LOBO, A.E.M., 1971 - Descontinuidade Litológica de alguns solos da região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 65 p. (Dissertação de Mestrado).
- MARCONI, A., 1969. Contribuição ao estudo da mineralogia de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba ESALQ USP, 101 p. (Tese de Doutorado).
- MARCONI, A., I.D. ABRAHÃO e I.R. NOGUEIRA - 1970. Efeito de operadores, dia de observação e tamanho de amostra e de grânulos na determinação do arredondamento de fração areia de solos. An. ESALQ/USP. 27:205-209.
- MARCONI, A. e ABRAHÃO, I.D., 1977. Mineralogia e Granulometria de três latossolos da região do Médio Rio São Francisco, BA. Anais ESALQ/USP. 33(39):415-428.
- MARSHALL, C.E. and JEFFRIES, C.D., 1945. Mineralogical Methods in Soil Research. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 10: 397 - 405.

- MASON, C.C. and R.L. FOLK, 1958. Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis.- Mustang Islands. J. Sed. Petr. 28:211-226.
- MILNER, H.B., 1962. Sedimentary Petrography. George Allen and Unwin Ltd. London, England. 4th ed. 2nd vol. 1358 p.
- PETTIJOHN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks. Harper and Brothers. New York, U.S.A. 2nd ed. 718 p.
- PETTIJOHN, F.J., 1941. Persistence of Heavy Minerals and Geologic Age. J. Geol. 49 (6): 610-625.
- RUBEY, W.W., 1933. The Size Distribution of Heavy Minerals Within a Water-Laid Sandstone. J. Sed. Petr. 3: 3-29.
- RUHE, R.V., 1956. Geomorphic surfaces and the nature of Soils. Soil Sci. 82: 441-455.
- RUHE, R.V. 1959. Stone Lines in soils. Soil Sci. 87:223-231.
- SEALE, R.S., 1956. The Heavy Minerals of Some Soils from the Neighbourhood of Cambridge, England. J. Soil Sci. 7(2): 307-318.
- SILVA, C.F.S., 1949. Atibaia (Aspectos físicos e humanos) Rev. Bras. Geogr. 4:543-569.
- SINDOWSKY, F. K. H., 1949. Results and Problems of Heavy-Minerals Analysis in Germany. J. Sed. Petr. 19:3-25.

- SOIL SURVEY STAFF - 1960 - Soil classification. A comprehensive System. 7th Approximation. Washington. U. S. Dept. Agric.
- SOIL SURVEY STAFF - 1967 - Supplement to the soil classification system. Washington. U.S. Dept. Agric.
- SPRINGER, M.E., 1958. Desert Pavement and Vesicular Layer of Some Soils of the Desert of the Lahontan Basin, Nevada. Soil Sci. Am. Soc. Proc. 23:63-66.
- SUGUIO, K., 1973. Introdução a sedimentologia. São Paulo-Edgard Blücher, Ed. USP, 317 p.
- WADELL, H., 1935. volume, shape and roundness of quartz - Particles. J. Geol. 43:250-280.
- WEYL, R., 1952. Schwermineraluntersuchungen an Bodenprofilen. Z. Pflanzenernähr. Düng, Bodenkunde. 57:135-141.
- WINKELJOHANN, J.M.S., 1975. Descontinuidade litológica em perfis de solos da Série Guamium (Latosolo Vermelho-Amarelo-orto). Piracicaba ESALQ/USP. 41 p. (Dissertação de Mestrado).