

MINERALOGIA E GÊNESE DOS SOLOS DA SÉRIE
“LUIZ DE QUEIROZ”

JUVENTINO JÚLIO DE SOUZA

Orientador: Dr. Antônio Carlos Teixeira Mendes

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio, 1979

Pág.	Linha	Onde se Lê	Leia-se
i	1 ^a	dedidado	dedicado
iii	3 ^a	CAPAES	CAPEES
7	22 ^a	amior	maior
15	17 ^a	HINRICH	HEINRICH
33	14 ^a	deduzierem	deduzirem
58	18 ^a	dirme,	sirme,
70	22 ^a	BREWEP	BREWER
89	28 ^a	(Figuras 7, 10, 13	(Figuras 8, 11, 14
90	1 ^a	16)	17)
107	6 ^a	HENRICH	HENRICH
127	2 ^a	CHADMAN	CHAPMAN

Este trabalho é dedicado à memória de meus pais, pelo esforço a mim dedicado. Hoje descansam em paz, mas no silêncio profundo continuam iluminando meu caminho.

A. minha esposa e filhos, pelo estímulo, carinho e dedicação.

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

Os meus agradecimentos são para:

Prof. Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, pela dedicação e orientação do presente trabalho;

Dr.^S Asit Choudhuri e Fu-Tai Wu, do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais, U.N.E.S.P. de Rio Claro, pela cessão do microscópio polarizante e auxílio no reconhecimento dos minerais;

Prof.^S Victor Gonçalves Bahia, Jeziel Cardoso Freire e Nilton Curi, pela contribuição técnica;

Dr. Sérgio Estanislau do Amaral, do Departamento de Geologia, da Universidade de São Paulo, pela cessão à aparelhagem de fluorescência de raios X;

Dr.^a Neusa de Lima Nogueira, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), pela obtenção das micrografias eletrônicas;

Prof.^a Elza Expedito de Souza Siqueira, pela revisão do texto;

Dr.^S Klaus Reichardt e Paulo Leonel Libardi, pela versão para o inglês do resumo;

Sr. Roberto Forti, Técnico de Laboratório, pelo auxílio na coleta das amostras de solos, bem como na montagem das lâminas de minerais da fração grosseira;

- À Escola de Engenharia, USP de São Carlos, SP, pela cessão do aparelho de raios X para obtenção dos difratogramas;
- À CAPAES, através do Programa Institucional de Capacitação de Docentes (P.I.C.D.), pela ajuda financeira;
- À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), USP, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedido;
- Ao Sr. Paulo J. Gáspari, pela datilografia e impressão;
- E a todos que indiretamente, tenham colaborado para a execução deste trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
1 - RESUMO	1
2 - INTRODUÇÃO	4
3 - REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1 - Características e propriedades gerais da Terra Roxa Estruturada	6
3.2 - Mineralogia da fração argila da Terra Ro xa Estruturada	10
3.3 - Mineralogia da fração grosseira	14
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 - Características da região de estudos	29
a) Localização	29
b) Clima	31
c) Vegetação	32
d) Geologia	33
4.2 - Caracterização dos solos estudados	38
a) Análise mecânica dos solos	40
b) Características químicas dos solos	41
c) Análise da fração argila dos solos	42
d) Fracionamento da areia total	43
e) Separação das frações leve e pesada	44
f) Montagem das lâminas para microscopia e identificação	44

	Pág.
4.3 - Equipamentos e condições de trabalho	44
4.4 - Teste sobre a uniformidade do material de origem	46
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 - Análise morfológica, química e mecânica	47
5.1.1 - Análise morfológica dos perfis	47
5.1.2 - Análises granulométricas e químicas dos perfis	62
5.1.3 - Interpretação dos resultados morfológicos, granulométricos e químicos	69
5.2 - Composição Mineralógica	72
5.2.1 - Análises difratométrica e microscopia eletrônica	73
5.2.1.1 - Correlações da mineralogia da fração argila obtida com aquele de solos similares ..	89
5.2.2 - Análise mineralógica da fração grosseira	93
5.2.2.1 - Uso do microscópio polarizante	98
5.2.2.2 - Uso da fluorescência de raios X	107
5.3 - Uniformidade do material de origem	126
5.3.1 - Uniformidade baseada no conteúdo de Zr e Ti na fração (250 - 100 μ) dos perfis estudados	127

	Pág.
5.3.2 - Relação do Zr e Ti nas sub-frações 100-50 / 250-100 μ e 2-50 / 250-100 μ dos perfis estudados ...	130
5.3.3 - Relação das sub-frações 250-100 μ e 1.000-500 μ dos perfis estudados .	133
5.3.4 - Relação zirconita (Z) / turmalina (T) na sub-fração 250-100 μ dos perfis estudados	135
5.4 - Gênese dos solos	137
5.5 - Classificação de solos	142
6 - CONCLUSÕES	146
7 - SUMMARY	149
8 - LITERATURA CITADA	152

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Posição do município de Piracicaba em relação ao Estado de São Paulo	30
Figura 2 - Mapa geológico da área estudada	35
Figura 3 - Mapa geológico simplificado do centro-leste do Estado de São Paulo, com as divisões Botucatu-Pirambóia	36
Figura 4 - Mapa de solos da região e localização dos perfis estudados	39
Figura 5 - Mapa esquemático do Estado de São Paulo, mostrando a ocorrência de Terra Roxa Estruturada	40
Figura 6 - Difrátogramas da sequência vertical do perfil Q-2, K - saturada 25°C dos sub-horizontes Ap, B22(Bt2) e B31(Bs1)	74
Figura 7 - Difrátogramas do sub-horizonte B22 do perfil Q-2, com aplicação de diversos tratamentos	75
Figura 8 - Micrografia eletrônica da fração argila do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q-2	77
Figura 9 - Difrátogramas de uma sequência vertical do perfil Q-3, K - saturada (25°C) dos sub-horizontes Ap, B2(Bt2) e B31(Bs1)	78

	Pág.
Figura 10 - Difratoqramas do sub-horizonte B2, do perfil Q-3 , com aplicação de diversos tratamentos	79
Figura 11 - Micrografia eletrônica da fração argila do sub-horizonte B2 (Bt) do perfil Q - 3	80
Figura 12 - Difratoqramas da sequência vertical do perfil Q-4 , K - saturada (25°C) , dos sub-horizontes Ap , B22 (Bt2) e B31 (Bsql)	82
Figura 13 - Difratoqramas do sub-horizonte B22, do perfil Q-4 , com aplicação de diversos tratamentos	83
Figura 14 - Micrografia eletrônica da fração argila do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q - 4..	84
Figura 15 - Difratoqramas da sequência vertical do perfil Q-6 , K - saturada (25°C) dos sub-horizontes, Ap , B22(Bt2) e B31(Bsql)	86
Figura 16 - Difratoqramas do sub-horizonte B22, do perfil Q-6 , com aplicação dos diversos tratamentos	87
Figura 17 - Micrografia eletrônica da fração argila do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q - 6 .	88
Figura 18 - Variação regional da concentração de SiO ₂ das rochas basálticas da Bacia do Paraná .	97

Figura 19 -	Variação regional da concentração de zircônio nas rochas basálticas da Bacia do Paraná	108
Figura 20 -	Fluorescência de raios X dos padrões W-1, GSP-1, Al_2O_3 e Mica-Fe para Zr	116
Figura 21 -	Fluorescência de raios X dos padrões W-1, GSP-1, Al_2O_3 e Mica-Fe para Ti	117
Figura 22 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, W-1, GSP-1) para Zr, na sub-fração areia fina	118
Figura 23 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, W-1, GSP-1 e Mica-Fe) para Ti, na sub-fração areia fina	119
Figura 24 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, W-1 e GSP-1) para Zr, na sub-fração areia muito fina	120
Figura 25 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, GSP-1, W-1 e Mica-Fe) para Ti, na sub-fração areia muito fina	121
Figura 26 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, W-1 e GSP-1) para Zr, na fração silte ...	122
Figura 27 -	Reta baseada nos padrões (Al_2O_3 , DTS-1, GSP-1, W-1 e Mica-Fe) para Ti, na fração silte	123

Figura 28 - Gráficos de fluorescência de raios X para Zr , nas sub-frações areia fina, muito fina e fração silte do perfil Q-1 124

Figura 29 - Gráficos de fluorescência de raios X para Ti , nas sub-frações areia fina, muito fina e fração silte do perfil Q-1 125

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Relação dos minerais pesados com a proveniência dos materiais de origem	16
Tabela 2 - Esquema da distribuição geológica de minerais pesados	27
Tabela 3 - Dados climatológicos do município de Piracicaba, SP.	32
Tabela 4 - Resultados das análises granulométricas dos perfis Q-1 , Q-2 e Q-3	63
Tabela 5 - Resultados das análises granulométricas dos perfis Q-4 , Q-5 , Q-6 e Q-7	64
Tabela 6 - Resultados das análises químicas dos perfis Q-1 , Q-2 e Q-3	65
Tabela 7 - Resultados das análises químicas dos perfis Q-4 , Q-5 , Q-6 e Q-7	66
Tabela 8 - Resultados das análises químicas dos perfis Q-1 , Q-2 e Q-3	67
Tabela 9 - Resultados das análises químicas dos perfis Q-4 , Q-5 , Q-6 e Q-7	68
Tabela 10 - Porcentagens de minerais leves e pesados na sub-fração areia fina (moda) dos perfis Q-1 , Q-2 e Q-3	94

Tabela 11 - Porcentagem de minerais leves e pesados na sub-fração areia fina (moda) dos perfis Q-4 , Q-5 , Q-6 e Q-7	95
Tabela 12 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-1	99
Tabela 13 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-2	100
Tabela 14 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-3	101
Tabela 15 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-4	102
Tabela 16 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-5	103
Tabela 17 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-6	104
Tabela 18 - Frequência e porcentagem de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-7	105
Tabela 19 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia fina (250-100 μ) dos perfis Q-1 , Q-2 , Q-3 e Q-4	110

	Pág.
Tabela 20 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia fina (250-100 μ) dos perfis Q-5 , Q-6 e Q-7	111
Tabela 21 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia muito fina (100-50 μ) dos perfis Q-1 , Q-2 , Q-3 e Q-4	112
Tabela 22 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia muito fina (100-50 μ) dos perfis Q-5 , Q-6 e Q-7	113
Tabela 23 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na fração silte (2-50 μ) dos perfis Q-1 , Q-2 , Q-3 e Q-4	114
Tabela 24 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na fração silte (2-50 μ) dos perfis Q-5 , Q-6 e Q-7	115
Tabela 25 - Relação do Zr nas sub-frações areia muito fina e areia fina (moda) dos perfis ...	131
Tabela 26 - Relação do Zr na fração silte e na Sub-fração areia fina (moda) dos perfis	132
Tabela 27 - Relação areia fina (moda) e areia grossa dos perfis	134
Tabela 28 - Relação Z/T na sub-fração areia fina (moda) dos perfis	136

	Pág.
Tabela 29 - Classificação de solos de acordo os E.U.A. - Soil Survey Staff	144
Tabela 30 - Classificação Brasileira conforme COMISSÃO DE SOLOS (1960)	145

1 - RESUMO

Foram estudados sete perfis de solos situados no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, levantados por RANZANI *et alii* (1966), como série "Luiz de Queiroz".

O objetivo foi propor a gênese e classificação bem como a uniformidade dos solos, utilizando-se várias técnicas.

Para atingir este objetivo procedeu-se ao estudo das descrições morfológicas, análises físicas e químicas, completando com as análises mineralógicas das frações argila e grosseira, utilizando a microscopia polarizante, difração de raios X, microscopia eletrônica e fluorescência de raios X.

De acordo com os difratogramas, a caulinita foi o mineral de argila dominante. A gibbsita está presente em pequenas quantidades e outros minerais de camadas 2:1 (ilita, vermiculita e montmorilonita) com presença muito reduzida em alguns perfis.

As relações propostas para os minerais pesados obtidos no microscópio polarizante, para estudar a uniformidade dos solos, foram confirmadas pelas relações obtidas através dos elementos traços (Zr , Ti) , determinados através da fluorescência de raios-X , mostrando que todos os solos da área estudada (7 perfis) foram retrabalhados.

A apreciável quantidade de quartzo rolado na fração grosseira dos solos da série "Luiz de Queiroz" tem sua origem provavelmente a partir do arenito Pirambóia.

Os elementos pesados (Zr e Ti) determinados na fração silte e nas sub-frações areia fina e muito fina, evidenciaram um aumento desses elementos com a diminuição do tamanho da partícula, sendo mais pronunciado para o caso do Ti.

De acordo com a Classificação Americana, E. U. A. (1975), os solos foram classificados como:

- a) Q - 1 e Q - 2 = Typic Paleudalf , argiloso fino , caolinítico , térmico.
- b) Q - 3 , Q - 5 , Q - 6 e Q - 7 = Typic Paleudalf , argiloso , muito fino , caolinítico , térmico.
- c) Q - 4 = Typic Paleudalf , argila arenosa , caolinítico , térmico.

Na Classificação Brasileira (COMISSÃO DE SOLOS , 1960 e DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA, 1973), como:

- a) Q - 1 = Terra Roxa Estruturada Eutrófica, textura argilosa relevo ondulado.

- b) Q-2 e Q-3 = Terra Toxa Estruturada Eutrófica, textura argilosa relevo suave ondulado.
- c) Q-4 = Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico "intergrade" para Terra Roxa Estruturada, textura argilosa relevo suave ondulado.
- d) Q-5 = Terra Roxa Estruturada Distrófica, textura muito argilosa relevo suave ondulado.
- e) Q-6 e Q-7 = Terra Roxa Estruturada Eutrófica, textura muito argilosa relevo suave ondulado a ondulado.

2 - INTRODUÇÃO

Vários foram os pesquisadores, tais como, MARCONI (1969) , LOBO (1971) , DEMATTÊ (1970) , BAHIA (1973) e WINKEL JOHANN (1975), que estudaram solos da região de Piracicaba, SP principalmente utilizando o levantamento básico de RANZANI *et alii* (1966). Observa-se porém que a série "Luiz de Queiroz", uma das mais importantes no referido levantamento, com uma área para o grande grupo de 24,4% , não foi devidamente estudada, ficando portanto em detalhes num plano inferior às demais. Os pesquisadores que trabalharam com tal série especificamente foram, MARCOS (1971) , PERECIM (1973) e ANDRADE (1971) , sendo que tais autores não estudaram a mineralogia da fração grosseira, um dos subsídios importantes para o estudo da uniformidade dos solos bem como da gênese, um dos objetivos do presente trabalho.

O primeiro a classificar os solos do presente estudo foi a COMISSÃO DE SOLOS (1960), como Terra Roxa Estruturada, a nível de Grande Grupo, vindo a seguir RANZANI *et alii* (1966), com duas versões: na descrição chamou-os de Latossólicos (oxisol) e baseado nas análises como Alfisols (B textural) ; já MARCOS (1971), como Terra Roxa Estruturada (Alfisol) e finalmente ANDRADE (1971), classificou-os como oxisol (B latossólico). Observa-se claramente que mesmo na classificação há discordância entre os autores, o que possivelmente seja o fator que limitou o número de trabalhos existente com tal série.

Em vista dos fatos citados, é que se propôs o presente trabalho, cujos objetivos principais foram:

- a - Estudo mineralógico da fração grosseira.
- b - Comparação entre o método tradicional que utiliza a microscopia polarizante e o método da fluorescência de raios X , em algumas sub-frações e frações grosseiras dos solos.
- c - Estudo qualitativo da fração argila.
- d - Gênese e classificação dos solos.

REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura para o presente trabalho é apresentada abrangendo inicialmente as características e propriedades gerais da Terra Roxa Estruturada, na segunda parte, referências ligadas à mineralogia da fração argila e, finalmente, uma parte referente à mineralogia da fração grosseira.

3.1 - Características e Propriedades Gerais da Terra Roxa Estruturada

Consultando a literatura, somente MARCOS (1971) e PERECIN (1973), fazem menção à série "Luiz de Queiroz", realizando um estudo mais detalhado que o trabalho original de RANZANI *et alii* (1966), quando este autor relatou na carta de solos de Piracicaba, que, esta série foi formada a partir de "sill" de eruptivas básicas que normalmente interromperam a

formação Irati, impregnando fortemente os sedimentos dessa série, conforme afirma este autor, foram formados a partir desse material, não raro, exibindo camada pouco espessa de pequenos seixos rolados, cuja situação na série deve encontrar-se em profundidades superiores a 200 cm. São perfis latossóli-cos, bem drenados, ocorrendo na meia encosta e no topo de elevações extensas no sentido NO, caracterizadas pela presença de espigões horizontais, uniformes, extensos e por topografia suave ondulada.

Uma das primeiras classificações para "Terra Roxa" apareceu com SETZER (1949), o qual distinguiu três tipos, Terra Roxa Legítima, Terra Roxa Misturada e Terra Roxa-de-Campo, baseado nas maiores ou menores quantidades de quartzo.

Já as "Terras Roxas" separadas pela COMISSÃO DE SO-LOS (1960), foram mapeadas designadas como Terra Roxa Estruturada (com B Textural) e Terra Roxa Legítima ou Latossolo Roxo (com B Latossólico), ambas sendo desenvolvidas sobre material de origem representado por rochas eruptivas básicas.

Baseando-se na ausência e presença de maiores ou menores quantidades de arenito Botucatu, CASTRO (1966), separou as "Terras Roxas", nos seguintes tipos: Terra Roxa Misturada (diabásios e basaltos com amior associação de arenito Botucatu), Terra Roxa de Campo (arenito Botucatu, com pequena associação de diabásios e basaltos) e, Terra Roxa Legítima (diabásio e basaltos).

Os horizontes diagnósticos B textural e B latossólico citados pela COMISSÃO DE SOLOS (1960), correspondem aproxi

madamente aos horizontes diagnósticos de subsuperfície argílica e óxido definidos no sistema de classificação de solos dos E.U.A. (SOIL SURVEY STAFF, 1975). Assim, a unidade de mapeamento Terra Roxa Estruturada, de uma maneira geral, conforme a referida Comissão, é constituída por solos férteis, com espessura em torno de 2,5 m, argiloso, bem drenados e de coloração arroxeada; com estrutura em blocos sub-angulares no horizonte B e formados a partir de rochas básicas. Devem conter cerosidade abundante e forte no horizonte B, pequena variação de cor entre os horizontes A e B, textura argila, tanto no horizonte A como no B, com maior concentração de argila no sub-horizonte B22, diminuindo gradativamente para o horizonte C; plasticidade e pegajosidade diminuindo dos horizontes superiores aos inferiores, presença de microporos (< que 1 mm) em abundância, devem apresentar minerais pesados em abundância, muitos dos quais facilmente atraídos pelo ímã comum.

O levantamento de reconhecimento dos solos da região de Furnas (MG), realizado pela COMISSÃO DE SOLOS (1962), apresenta uma unidade análoga à Terra Roxa Estruturada descrita no Estado de São Paulo pela mesma COMISSÃO DE SOLOS (1960) os quais possivelmente, sejam solos equivalentes, não derivados de rochas básicas, constituindo assim uma variação em relação ao conceito central estabelecido para a unidade Terra Roxa Estruturada.

Em trabalhos realizados em solos da região de Ribeirão Preto, SP, MONIZ e JACKSON (1967) concluíram que a Terra

Roxa Estruturada é um solo menos intemperizado que o Latossolo Roxo. Essa afirmativa foi feita em função do teor de gibbsita, que foi tomada como elemento índice do intemperismo. Assim afirmaram que a medida que o teor deste mineral de argila superava 10%, o solo era classificado como Latossolo Roxo, ao passo que para teores menores que 10%, o solo era classificado como Terra Roxa Estruturada. Com referência a gênese do solo, sugeriram algumas hipóteses, formulando que a Terra Roxa Estruturada seria derivada de meláfiro, que é uma rocha mais rica em bases que o basalto ou diabásio, tendo sofrido previamente uma alteração química e mineralógica por soluções hidrotermais, tornando-se uma rocha mais resistente ao intemperismo do que a original. Afirmaram também que há tendência do índice de saturação de bases, decrescer com o grau de intemperismo.

De acordo com LEINZ e AMARAL (1978), rochas ácidas são aquelas cujos teores SiO_2 forem superiores a 65%. Neste caso a quantidade de SiO_2 é tal, que forma os silicatos e ainda sobra, sendo esta sobra cristalizada sob a forma de quartzo. Por rochas neutras, quando o teor em SiO_2 é de 65 a 52% (pouco ou nenhum quartzo), e básicas quando o SiO_2 ocorre na proporção de 52 a 45%. Neste caso, há ausência de quartzo.

3.2 - Mineralogia da Fração Argila da Terra Roxa Estruturada

Como citado anteriormente, um dos poucos autores que trabalhou com a série "Luiz de Queiroz" foi MARCOS (1971), o qual observou que esta série é semelhante à série "Iracema", descrita por RANZANI *et alii* (1966), no que diz respeito a caolinita, destacando-se picos mais ponteados no horizonte C. Evidenciou ainda que a presença de quartzo na fração argila da série "Luiz de Queiroz" é indicada pelo difratogramas para todos os horizontes, sendo os picos mais intensos nos horizontes B22 e B32. Para solos similares da série, MONIZ e JACKSON (1967), mostraram ocorrência de quartzo na fração argila no horizonte C.

Já PEDRO *et alii* (1976), pesquisando a constituição e a gênese da Terra Roxa Estruturada do Brasil, evidenciaram na análise mineralógica, predominância de estruturas argilosas da família da Caolinita (metahalloysita) associada aos hidróxidos férricos secundários. Ao lado destes constituintes observaram também a presença de algumas minerais residuais: uma pequena quantidade de quartzo, pouco feldspato fortemente alterado, e óxido titano ferríferico magnéticos: ilmenita, titano-magnetita, etc.

McCRAKEN *et alii* (1971) em estudos realizados em solos da Carolina do Norte, relataram que os altos teores de gibbsita ocorrem quando há uma grande quantidade de água percolando rapidamente no solo, removendo a sílica e as bases, como resultado do intemperismo.

Em estudos mineralógicos da fração argila de solos do Rio Grande do Sul, CURI (1975), encontrou para a formação Carlos Barbosa, classificada como TRE dominância do argilo-mineral caolinita seguida do material amorfo.

De acordo com WOLLAST (1961), a gibbsita pode ter sua origem diretamente do material de origem, ressaltando que esta alteração é possível em pH básico, não acontecendo o mesmo com a caolinita no mesmo pH. Essa alteração vai depender da concentração da sílica dissolvida que deve ser baixa. Esta condição é realizada na natureza a qual a rocha de origem em contacto com a água que infiltra, arrasta a sílica que é liberada de uma maneira contínua.

Estudando solos derivados de rochas básicas da região de Celusa, SP, MONIZ e CARVALHO (1969), constataram caolinita em torno de 43% no Litossolo, sendo que na Terra Roxa Estruturada foi detectado até 100% desse argilo-mineral, não se constatando a presença da gibbsita.

A fração argila da Terra Roxa Estruturada de Xavantim, SP, perfil nº 29, estudada pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) apresenta predominância de quartzo, seguido de argilas do tipo 1:1 no horizonte Ap. Já os sub-horizontes B22, B23 e B3 apresentam, nas mesmas proporções, minerais de argila 1:1 e óxidos de ferro, aparecendo em menor quantidade a gibbsita.

Estudando solos da região de Iracemápolis, SP, SOUZA (1971), encontrou para perfis de Terra Roxa Estruturada, a caolinita como argilo-mineral predominante, sendo que em todos os casos os teores foram superiores a 50%. Em segundo

plano, aparece o material amorfo, ao passo que os teores dos minerais 2:1 (mica, vermiculita e montmorilonita) são normalmente inferiores a 20% para todos os perfis caracterizados.

Já GALHEGO (1977), trabalhando com uma topossequência de solos no município de Botucatu, SP, sendo uma das unidades a Terra Roxa Estruturada, diagnosticou metahaloisita, ou haloisita 7 Å em todos os perfis, em pequenas quantidades, sendo que esse registro assume certa importância, face à controvérsia estabelecida sobre a ocorrência desse mineral em solos correlatos do Estado de São Paulo.

A fração argila da Terra Roxa Extruturada, do município de Botucatu, SP, demonstrou ter atingido avançado grau de intemperismo, é o que concluíram SOUZA *et alii* (1974), baseando-se nas ocorrências de caolinita, alofana e gibbsita, ressaltando ainda que os altos teores de caulinita presentes, foram devidos à alteração direta de minerais primários do material de origem. Na sequência afirmam que, pelos maiores valores de gibbsita encontrados, o perfil TE-1 é o que apresenta maior estágio de alteração.

Estudos mineralógicos realizados em perfis de solos nos quais o perfil RP-2 representa a unidade Terra Roxa Estruturada, MEDEIROS (1971), detectou a caulinita como argilo-mineral dominante, com valores normalmente em torno de 50%, vindo a seguir o material amorfo, com teores em torno de 20% e com um ligeiro acúmulo na fração argila mais fina. A gibbsita, ressalta o autor, está ausente em todos os horizontes, tanto na fração argila grossa como na fina.

Trabalhando com uma unidade de Terra Roxa Estrutura da numa topossequência no município de Ribeirão Preto, SP, CARVALHO e MONTGOMERY (1973), concluíram que há uma dominância de caolinita em torno de 60 - 70% , o material aformo aparece em seguida com 23 - 30% e, praticamente não ocorre gibbsita.

Resultados muito interessantes foram obtidos por MENDES (1968), quando trabalhou com solos correlatos no Estado de São Paulo, utilizando-se das frações argila grossa e fina. Através de uma técnica especial de montagem para obtenção de difratogramas, complementando com análise térmica diferencial, capacidade de troca e micrografias eletrônicas, detectou em todos os perfis estudados, predominância de halloisita.

Estudando a fração argila dos solos do Estado de São Paulo, PAIVA NETO (1942), constatou que a caolinita é o argilo-mineral mais comum em quase todos os solos pesquisados, chegando mesmo em alguns casos ser o único na fração argila.

A sequência de intemperismo para minerais de argila ($< 2 \mu$) foi explicada por JACKSON *et alii* (1948), quando afirmaram que o teor de mica diminui a medida que aproxima da superfície dos solos. De acordo com estes autores o intemperismo diminui com a profundidade do solo.

ENGLAND e PERKINS (1959), em estudos realizados com o "Reddish Brown Lateritic Soils", solos semelhantes à Terra Roxa Estruturada, utilizando a mineralogia da argila das séries "Davison", "Greenville" e "Decatur", concluíram que tais solos são caracterizados por perfis profundos, cores avermelhadas escuras e alto conteúdo de argila. Tais autores mostraram ainda que a caolinita é o mineral predominante na fração

coloidal. Quantitativamente, após a caolinita, aparece a vermiculita e frequentemente outros minerais estão presentes em quantidades menores.

Observa-se pela literatura que a ocorrência da montmorilonita em solos é mencionada por vários autores, tais como, KELLER (1964), GONÇALVES e MONIZ (1975), RIBEIRO (1974), sendo que, a ocorrência deste argilo-mineral em solos brasileiros é sempre mencionada com condições especiais de formação, destacando sua presença na região de Piracicaba como sendo uma herança da rocha de origem, tendo como fundamental as mudanças climáticas, DEMATTÊ *et alii* (1972).

3.3 - Mineralogia da Fração Grosseira

Pela literatura pode-se verificar perfeitamente a importância do uso da fração grosseira, no estudo da sedimentologia e destacadamente em solos.

Assim, MITCHELL (1975), relatou que os minerais pesados na fração areia têm sido reconhecidos como uma fonte de informações úteis nos estudos de solos há aproximadamente 75 anos, pois Steinriede em 1899, citado por MITCHELL (1975), parece ter sido um dos primeiros a separar os minerais pesados do solo para identificação no microscópio polarizante. Os cientistas Delage e Lagatu (1904 - 1905), também citados por MITCHELL (1975), estudaram os minerais dos solos mas sem separá-los da fração leve, observando uma correspondência com os minerais da rocha de origem. Em 1905, Dumont, citado por MIT-

CHELL (1975) e JEFFRIES (1937), apresentaram detalhes de métodos para separar e preparar os grãos de minerais pesados das areias do solo, revelando MITCHELL que, esses são similares aos vários procedimentos hoje usados. Ainda dentro da fração grosseira JEFFRIES (1937) propôs a utilização da fração areia muito fina para detectar as influências da rocha matriz na formação de solo.

Trabalhando com solos tropicais, CAMARGO e VAGELER (1937), concluíram que a formação destes solos era mais compreensível quando se correlacionava com a mineralogia das rochas-mãe. MARSHALL e JEFFRIES (1945), reforçam a afirmativa de CAMARGO e VAGELER (1937), sugerindo que para o estudo de um sedimento, se faça a distribuição de seus minerais em várias classes texturais. Antes de MARSHALL e JEFFRIES (1945), em 1933, RUBEY já utilizara a granulometria da fração grosseira no estudo e origem dos sedimentos.

Em 1949, PETTIJOHN, vindo depois HINRICH (1956), formularam uma série de relações, em função da proveniência dos minerais pesados, as quais podem ser observados na Tabela 1.

MARCONI (1969), estudando seis séries de solos, situadas sobre a formação Botucatu no município de Piracicaba, SP, relatou que entre os minerais pesados, houve predominância de minerais opacos, estauroлита e turmalina, sendo que a zirconita aparece em menor quantidade. Com os resultados obtidos teceu comparações entre as séries, propondo a gênese do material do solo.

TABELA 1 - Relação dos minerais pesados, com a proveniência dos materiais de origem

Mineral Pesado	Proveniência	Minerais associados
1) Turmalina	a) Sedimentos retrabalhados	Muscovita, biotita, topázio, fluorita, anatásio, cassiterita, apatita e wolframita.
	b) Metamorfismo de baixo grau	
	c) Autigenia	
	d) Rochas Ígneas	
	e) Pegmatitos	
2) Estauroлита	a) Metamorfismo de alto grau: Xistos e gnaisses	Cianita, silimanita, almandina, rutilo, hematita, hornblenda, magnetita e zirconita.
3) Zirconita	a) Sedimentos retrabalhados	Magnetita, hornblenda, estauroлита, almandina, silimanita, cianita.
	b) Rochas de alto grau de metamorfismo	
	c) Rochas Ígneas ácidas	Biotita, apatita, monazita, esfeno e magnetita.
4) Rutilo	a) Sedimentos retrabalhados	Ilmenita e magnetita.
	b) Rochas magmáticas básicas	

Recorrendo às características dos minerais pesados no estudo da origem e desenvolvimento dos solos, HASEMAN e MARSHALL (1945), estabeleceram uma metodologia para checar a quantidade de zirconita determinada através da microscopia polarizante, utilizando-se da análise química, chegando a conclusão que este método é muito importante devido às grandes quantidades de grãos recobertos que os autores puderam detectar em vários perfis.

Com base em dados de Zr , Ti , químicos , físicos , morfológicos e evidências de campo, CHAPMAN e HORN (1968), concluíram que os solos estudados na região nordeste de Arkansas (USA), foram formados no local, sendo derivados do material de origem subjacente e não o foram de "loess" extra regional. Segundo estes autores uma explicação para o elevado conteúdo de silte nestas séries de solos denominadas "Zanesville" , "Dickson" e "Dennis", seria o intemperismo de rochas siltosas da região. Exames microscópicos destas rochas mostraram que as mesmas são capazes de produzir partículas tamanho silte em abundância, quando intemperizadas.

HUMBERT e MARSHALL (1943), em estudos mineralógicos e químicos de solos formados de rochas ácidas e básicas em Missouri (USA), revelaram que no perfil de solos originados de diabásio, ocorre uma maior movimentação de argila, tendo sido constatada sua presença a grandes profundidades. Neste perfil, afirmam os autores não há evidência da formação de gibbsita, a qual comumente resulta da laterização de rochas básicas. Concluíram ainda que o acúmulo de rutilo e anatásio

encontrado nas amostras, caracteriza a resistência desses minerais de titânio ao intemperismo. O aparecimento de cristais de granada, aliado à sua frequência de ocorrência nos vários horizontes, evidencia que estes minerais podem ser afetados pela meteorização. Quanto à apatita, a sua resistência ao intemperismo tem sido submetida a consideráveis debates. Assim GOLDICH (1938), relata em seu trabalho um ligeiro acúmulo de apatita num diabásio intemperizado de Medford (USA).

O conteúdo de zircônio do silte grosseiro de alguns solos e sedimentos foi estudado por FANNING e JACKSON (1967), em 64 amostras correspondentes a 34 locais, sendo encontrados valores que variaram de 0,035 - 0,078%, com exceção do resíduo areno de St. Peter (USA), no qual o conteúdo de zircônio é superior, girando em torno de 0,118%. Essa variação um tanto quanto limitada do conteúdo de zircônio, pode ser explicada, pelo fato da maior parte dos minerais nas amostras terem sido originalmente derivados de loess. A unidade arenosa de St. Peter é composta quase que totalmente de minerais resistentes, principalmente quartzo. O zircônio dessa unidade arenosa St. Peter, foi descrito em 1936 por TYLER.

A sequência de intemperismo elaborada por PETTIJOHN (1941), mostra que a zirconita é o mineral mais estável. Weyl, citado por JACKSON e SHERMAN (1953), agrupou os minerais pesados em quatro categorias de estabilidade com a turmalina, zirconita, rutilo, titanita e magnetita, consideradas numa classe de minerais mais estáveis. Adotando-se este critério, JACKSON e SHERMAN (1953) utilizaram a zirconita como índice de

estabilidade, com a qual calcularam o intemperismo químico pela perda de constituintes do perfil de solo. A determinação do zircônio total pelo método espectrográfico, foi utilizada por BREWER (1955), quando avaliou o grau de desenvolvimento do solo com base na distribuição do zircônio. Também KHAN (1959), usou o zircônio como um elemento índice estudando a translocação de constituintes químicos em solos, concluindo que o zircônio pode ser usado por ser um mineral menos intemperizável, servindo como índice na avaliação da formação do solo. Estudando a mobilidade do titânio, JOFFE (1949), sugeriu que a escolha do indicador imóvel depende do clima, indicando este elemento para a zona de podzolização e a sílica para os solos chernozênicos. Já POLINOV (1944) discorda dessas observações, citando que os métodos usados no cálculo de translocação de elementos com base na imobilidade de um dos constituintes pode ser errôneo, afirmando que não há elementos que sejam absolutamente imóveis.

A mineralogia da sub-fração areia fina do município de Barra Bonita, SP, cuja unidade é a Terra Roxa Estruturada, de acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (1960), revela grande porcentagem de magnetita no Ap até o B22, decaindo deste sub-horizonte até o horizonte C, cujos valores variam de 27 a 85% sendo que os teores de quartzo são baixos, estando em torno de 10%.

Trabalhando com solos do Rio Grande do Sul, KAMPF e KLAMT (1978), evidenciaram que a fração areia e o quartzo rolado são mais abundantes no horizonte A do solo Estação e me

nos no solo Valaria, concluem que o solo Estação provavelmente recebeu uma contribuição maior de material arenoso, devido a proximidade de uma formação arenosa denominada Tupanciretã, como possível fonte deste material.

Estudando a gênese de um solo na região de Lavras (MG) , BAHIA (1975) utilizou a mineralogia da fração grosseira como um instrumento principal para alcançar este objetivo. Em suas determinações encontrou nos perfis estudados (P1 e P2) domínio de minerais leves, sendo que entre os pesados cujas médias giraram em torno de 5,0 e 5,8% , dominância de opacos seguido de rutilo.

Nos estudos realizados por BREWER (1964), observa-se que a fração grosseira do solo é ressaltada como uma das análises importantes para detectar descontinuidades litológicas ou seja, verificar a uniformidade do perfil, utilizando-se relações entre os minerais pesados, sendo o rutilo, turmalina e zirconita os minerais resistentes mais empregados.

Trabalhando com solos da região de Iracemápolis, SP, na caracterização morfológica SOUZA (1971), detectou a presença de linha de seixos em dois perfis estudados. Já LOBO (1971) e BAHIA (1973), utilizando-se das amostras dos perfis descritos e coletados por SOUZA (1971), usaram os índices Zirconita/Turmalina e Zirconita/Turmalina + Rutilo, respectivamente, verificando que, enquanto SOUZA (1971) detectou apenas uma linha de seixos nos perfis estudados, estes autores encontraram variações dos índices em outras profundidades, acrescentando desta maneira prefixos para alguns horizontes. Assim LOBO

(1971), não limita descontinuidade litológica ao aparecimento da linha de seixos, e BAHIA (1973) complementa evidenciando que a descontinuidade litológica situa-se junto a pontos de valor mínimo das relações, logo após a um máximo, estando esta afirmativa de acordo com os resultados obtidos por RUHE (1958).

Em pesquisas realizadas com zircônio e titânio no estudo da origem e uniformidade do material de origem, CHAPMAN e HORN (1968), concluíram que não existe uma indicação segura na correlação entre o teor do elemento e descontinuidade litológica, mas sugerem uma diferença mínima de 100% entre os resultados dos elementos para ser considerado como uma descontinuidade litológica. Estes autores aplicaram esse critério em 15 unidades de solos, e encontraram que variações acima de 100% ocorreram somente em três perfis, sendo que no perfil "Rarden", havia uma diferença de 178% entre os sub-horizontes A2 e B2t.

Trabalhando com as sub-frações areia fina e areia muito fina e, adotando o critério de CHAPMAN e HORN (1968), para o uso dos elementos zircônio e titânio no estudo da homogeneidade do material de origem, DEMATTE (1978), afirma que dos quatro perfis selecionados, o zircônio evidenciou descontinuidade litológica em três, que possuíam linha de seixos, concluindo que mais informações devem ser obtidas a respeito da variabilidade e da distribuição de tais elementos num maior número de unidades de solos, situados em diversos climas e provenientes de diferentes materiais de origem. A uniformidade dos solos da região de São Pedro, SP, foi estudada por BONI

(1976), revelando que as mudanças de comportamento das relações entre minerais pesados, quando analisados em conjunto, confirmaram descontinuidade litológica observada no campo, evidenciando também que a homogeneidade do material de origem não foi confirmada pela ausência de linha de seixos. Sugere o autor que a introdução de outros parâmetros podem trazer conclusões mais seguras sobre a homogeneidade do material de origem.

A diferença no conteúdo de zircônio nas frações silte grosseiro, foi utilizada por ALEXANDER *et alii* (1962) no Nordeste Illinois (USA), para ajudar distinguir "loess de till", cuja separação é difícil pelos métodos de campo.

Também, estudando descontinuidade litológica em perfis de solos da série Guadium, WINKELJOHANN (1975), utilizou além das relações entre minerais pesados, a análise granulométrica das sub-frações areia fina e areia grossa. Observa-se assim que as relações entre minerais pesados não são os únicos critérios para estudo da homogeneidade. Desta forma, BARSHAD (1960; relaciona outros critérios para avaliação da homogeneidade do material de origem, tais como, distribuição da argila em profundidade e análise mineralógica total. HENDRICK e NEWLANDS (1923), concluíram que a sub-fração areia muito fina é de grande valor no estabelecimento de uma real significância na origem do solo. Com base em seus estudos eles puderam distinguir os solos "English" e "Scoth", principalmente devido às diferenças nas quantidades e variedades de minerais ferromagnesianos encontrados na sub-fração areia muito fina de cinco solos da Pensilvânia (USA), separando-a em três

grupos de minerais através de líquidos pesados, tais como:

a) O grupo de minerais pesados consistindo daqueles que têm peso específico maior que 2,86 ; b) O grupo do quartzo, minerais com peso específico entre 2,62 e 2,86 , e, c) O grupo do feldspato, minerais com peso específico menor que 2,62 .

Os vários minerais foram identificados e a proporção relativa estimada; com esses resultados foi possível comparar as características mineralógicas da areia muito fina. Desta maneira, verificaram que a composição mineralógica da sub-fração areia muito fina, variou consideravelmente quanto à quantidade, mas não variou quanto à variedade das espécies minerais. Destacaram que no estudo mineralógico do solo, geralmente ocorrem certos minerais que são úteis para comparação e correlação, sendo que para os solos da Pensilvânia, estudados por estes autores, esses minerais são: feldspato, zirconita, turmalina, muscovita, clorita, hornblenda e rutilo.

Correlacionando tipos de solo e material de origem, MARSHALL e JEFFRIES (1945), revelaram que: a) diferenças de características do material de origem, dão diferenças quali e quantitativas na série de minerais pesados mais resistentes ; b) diferenças de características nas condições de deposição, dão diferenças homogêneas qualitativas na série de minerais pesados resistentes e quantitativas na relação mineral, e, c) diferenças de características no grau de intemperismo, dão diferenças homogêneas quali e quantitativamente na série de minerais pesados resistentes, mas diferindo quantitativamente nos minerais mais facilmente intemperizáveis. Concluíram os autores que, para certos casos, há dificuldades na aplicação.

dessa regra quando tomados dois tamanhos de frações separadas ou juntas. A razão disso é que um mineral pode intemperizar fora da fração mais fina, desaparecendo antes na fração grosseira.

Estudando descontinuidades litológicas em três séries de solo do sudoeste de Kentucky (USA), PRICE *et alii* (1975) utilizaram-se de numerosos testes para determinar qual parâmetro seria o mais seguro para distinguir "loess" do resíduo subjacente e ao mesmo tempo obter uma completa caracterização dos solos. Revelaram que o zircônio analisado por fluorescência de raios-x mostrou uma ampla variabilidade entre os horizontes e não indicou conclusivamente um limite entre materiais de origem. A análise do titânio dos mesmos perfis, foi igualmente não conclusiva na distinção dos diferentes materiais de origem. Os autores concluíram que os parâmetros que oferecem segurança para distinção do "loess" do resíduo subjacente, são morfologia do perfil no campo, distribuição do tamanho de partículas e relação quartzo/feldspato.

Estudando a mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodoreto Camargo" (SP), MELFI *et alii* (1966) revelaram que ocorre na área um "sill" de diabásio mesozóico, intrusivo em rochas sedimentares carboníferas de origem glacial; os solos desta região provêm ora de um ora de outro tipo de rocha, ora mistura de ambos. Concluíram que a série "Chapadão" originou-se de diabásio sendo classificada como Latossolo Roxo. A série "Taquaral" revelou-se também proveniente da mesma rocha, sofrendo grande contribuição de sedimentos de ori -

gem glacial, evidenciada pela presença de zirconita, monazita, silimanita, turmalina, rutilo, granada, estaurolita e cianita.

MARSHALL (1941), sugeriu que o conteúdo de alguns dos mais resistentes minerais pesados, constituiria num dos índices de maior confiança para cálculos similares no estudo de perfis de solos, se a coleta do material e análise do mesmo atingisse o material de origem e cada um dos horizontes do solo. Ele postulou que há uma perda de material do horizonte A devido a remoção de minerais intemperizáveis ou de seus produtos de alteração e um ganho no horizonte B devido ao acúmulo de colóides e precipitados de argila e sesquióxidos.

Dois anos mais tarde, MARSHALL e HASEMAN (1943), estudando o perfil "Grundy silt-loam" no qual usaram como índice a zirconita, concluíram que apesar de uma perda líquida no horizonte A, tem havido um ganho em peso para o perfil todo, devido ao acúmulo de matéria orgânica, oxidação e hidratação. Mais tarde os mesmos autores, HASEMAN e MARSHALL (1945), relataram resultados similares usando determinações de zircônio, bem como o conteúdo do mineral zirconita. WESTIN (1953), também escolheu a zirconita como mineral índice e calculou o peso deste mineral por unidade de volume da superfície do solo e material de origem, chamando a relação de fator de intemperismo, o qual ele usou para comparar solos do sul de Dakota (USA). Usando o número total de grãos de zirconita e turmalina ADANS e MATELSKI (1955) puderam calcular as mudanças na espessura, peso do solo e argila em todos os horizontes A, como consequência ganho em volume, peso total de solo e argila em todos horizon

tes B , com ganho máximo no sub-horizonte B2 .

Estudando a distribuição geológica de minerais pesados, MITCHELL (1975) montou um esquema que pode ser obtido pelo agrupamento de rochas em sete amplas categorias, Tabela 2.

PENTEADO e RANZANI (1973), revelaram que a natureza coluvial do horizonte A , sobre um B fósil, frequentemente está associada à linha de pedras, mas concluíram que a mesma pode não ser detectada, se por ocasião dos processos de retrabalhamento o material transportado tiver escassez de material grosseiro. Também TYLER (1962), estudando solos que apresentavam descontinuidade litológica no campo, concluíram que alguns perfis não fornecem seixos em quantidade suficiente para localizar a linha de pedras, no entanto a variação através do perfil da relação areia fina/areia grossa ajuda a localizar a faixa mesmo sendo difusa entre dois materiais.

Trabalhando com perfis de solos na região de Minnesota (USA) HARPSTEAD e RUST (1964), verificaram que uma relação argila fina/argila grossa alta, sempre apresenta uma iluviação de argila fina. Esta iluviação se dá nas partes medianas do perfil conforme citação de SIMONSON (1949) e McCALLEB (1959). Já THORP *et alii* (1959), afirmam que o acúmulo de argila no horizonte B se deve ao movimento em suspensão dessas argilas para os horizontes inferiores, onde são depositados em sua maioria por secamento ou pela mudança no ambiente químico. BREWER (1968), no entanto, afirma que esse acúmulo no horizonte Bt pode ser julgado como aumento da produção de argila "in situ" através do intemperismo.

TABELA 2 - Esquema da distribuição geológica de minerais pesados, segundo MITCHELL (1975)

Grupos	Origem	Minerais Essenciais	Minerais Acessórios
I	Ígneas ácidas (granitos, granodioritos, riólitos, etc.)		Turmalina, topázio, esfeno e rutilo
II	Ígneas intermediárias (Diorito, sienito, andesitos e traquitos)	Hornblenda, augita, biotita	Apatita, zirconita, esfeno, óxido de ferro
III	Ígneas básicas (gabros, dioritos e basaltos)	Olivinas e piroxênios	Cromita, magnetita e ilmenita
IV	Ígneas Ultrabásicas (peridotito e piroxenito)	Olivinas e piroxênios	Cromita, magnetita e ilmenita
V	Veios metalíferos e veios e substância mineral		Turmalina, topázio, rutilo, esfeno, cassiterita, barita, sulfeto de ferro, estanho, zinco, molibdênio, etc.
VI	Sedimentares		Zirconita, turmalina, rutilo
VII	Metamórficas		Biotita, granada, estauroлита, cianita, epídoto e zoisita

Estudando o intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores de São Paulo, MELFI (1967), revelou que os materiais formados pelo intemperismo dos diabásios são caracterizados pela predominância de frações finas ao longo de todo o perfil com exceção em níveis iniciais de alteração. O maior conteúdo das frações finas está ligado a maior probabilidade de alteração do material formador do diabásio. Normalmente os piroxênios e plagioclásios que constituem cerca de 80% da rocha, são minerais que facilmente são intemperizados, produzindo outros de neoformação, os quais se concentram nas frações silte e argila. Com a evolução do intemperismo, as frações finas têm seus teores altamente aumentados atingindo o máximo no horizonte B2. A sub-fração areia grossa é restrita em todo o perfil atingindo no máximo valores abaixo de 15%.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Materiais

4.1.1 - Características da região de estudos

a) Localização

O município de Piracicaba, SP, onde foram coletadas as amostras para o presente estudo, está situado no centro-leste do Estado de São Paulo. As coordenadas geográficas da sede deste município são 22º44' de latitude sul e 47º33' de longitude W.Gr., Figura 1.

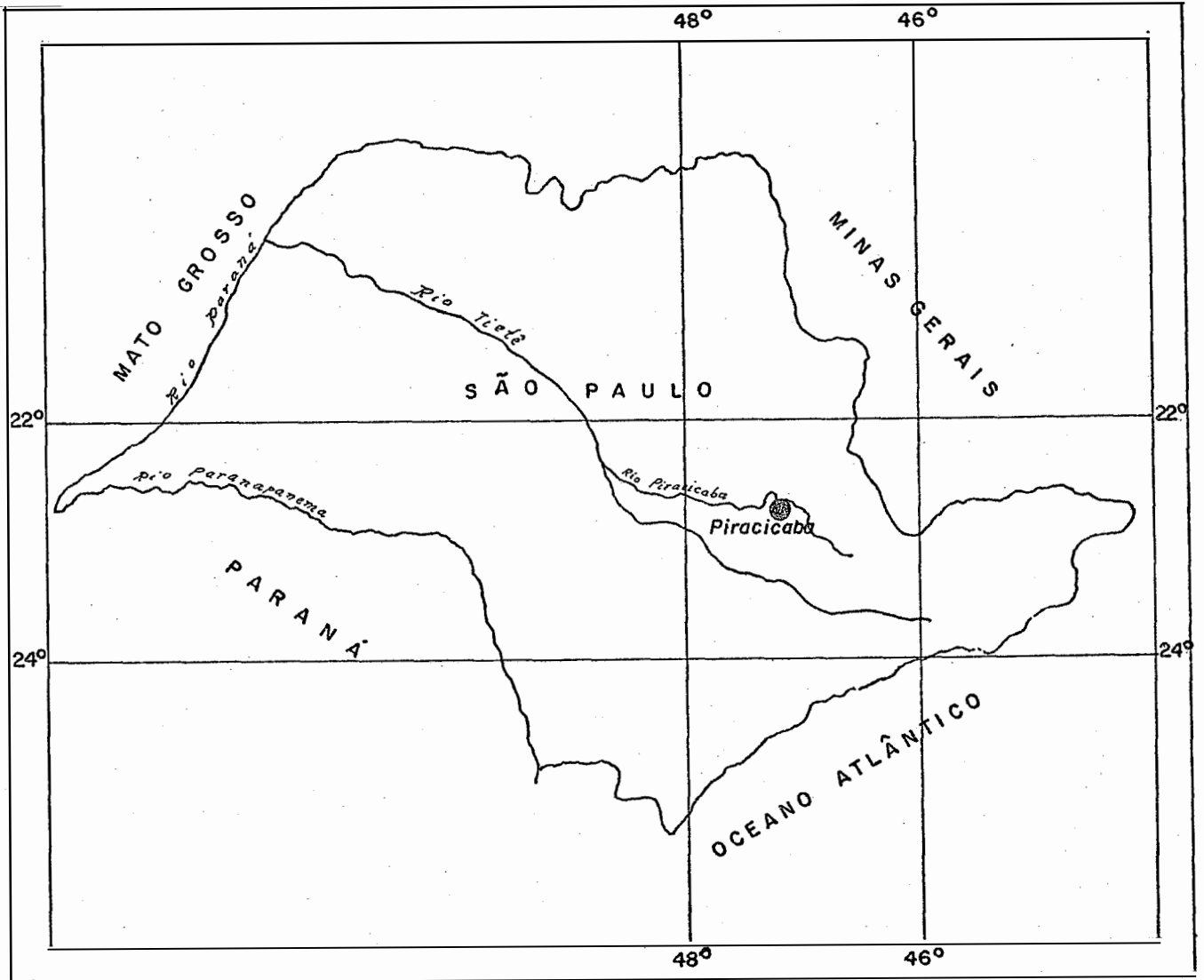


Fig. 1 - Posição do município de Piracicaba em relação ao Estado de São Paulo.

b) Clima

O clima da região de Piracicaba é mesotérmico úmido sub-tropical de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio está abaixo de 19°C e a do mês mais quente é superior a 22°C, sendo no sistema de Köppen, classificado como tipo Cwa, COMISSÃO DE SOLOS (1960).

Dados relatados por CERVELINI *et alii* (1966), Tabela 3 dão conta que a média de chuva anual no município de Piracicaba, SP, em observações de 47 anos foi de 1.254,5 mm. Nesta tabela pode-se observar uma acentuada diferença no padrão de distribuição estacional. Julho é o mês mais seco dos meses de inverno e tem uma média de precipitação de 24,6 mm. O total das médias de precipitação para os meses secos (junho, julho e agosto) é de 98,5 mm. O mês de janeiro contrasta com todos os outros, tendo uma média de precipitação de 220,9 mm, sendo a média total para os meses mais úmidos (dezembro, janeiro e fevereiro) de 619,4 mm. A Tabela 3, apresenta os dados climáticos por mês, para o município de Piracicaba, SP, numa média de 47 anos.

TABELA 3 - Dados climatológicos do município de Piracicaba, São Paulo (*) - Fonte: CERVELINI *et alii*, 1966)

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Média
Janeiro	220,9	29,7	18,9	23,6
Fevereiro	191,5	29,7	19,0	23,5
Março	135,3	29,7	18,1	23,1
Abril	63,1	28,1	15,2	21,2
Mai	47,9	26,0	11,9	18,5
Junho	41,1	24,8	10,3	17,0
Julho	29,6	25,1	9,3	16,7
Agosto	27,8	27,2	10,8	18,6
Setembro	58,7	28,2	13,3	20,5
Outubro	102,4	28,7	15,3	21,5
Novembro	134,2	29,4	16,4	22,5
Dezembro	207,0	29,5	17,9	23,2

(*) Média de 47 anos

c) Vegetação

Na atualidade, praticamente não existem florestas, mas a COMISSÃO DE SOLOS (1960), fez inferências de que a cobertura vegetal do município, pertenceu ao sub-tipo floresta latifoliada tropical, sendo que mais detalhes sobre a mesma podem ser observados em RANZANI *et alii* (1966).

d) Geologia

O estudo geológico da região de Piracicaba, SP, realizado por MEZZALIRA (1965), apresenta descrição detalhada de várias formações expostas no município, com mais destaque à Formação Irati que de acordo com o citado autor pertence ao Grupo Estrada Nova (Permiano). A Formação Irati é especialmente citada devido ao interrompimento desta por um "sill" de rocha básica, sendo que tal formação apresenta na base calcários dolomíticos intercalando materiais pirobetuminosos e uma sucessão de folhelhos cinzentos impregnados de pirobetume, com restos fósseis de crustáceos e répteis além de bonecas de sílex. Esse "sill" de eruptivas básicas, cobrindo por vezes os afloramentos da Formação Irati, levou RANZANI *et alii* (1966), a deduzirem que esse material provavelmente dá origem aos solos da série "Luiz de Queiroz".

Observa-se porém que os solos da série "Luiz de Queiroz", fazem contacto com outras Formações, que provavelmente contribuem com seus materiais para tal série.

Assim na Era Mesozóica, dentro do grupo São Bento, os geólogos da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, reconheciam a ocorrência de camadas de siltitos e argilitos, bem como de arenitos argilosos, as vezes maciços nas proximidades de Pirambóia, às quais chamaram camadas pirambóia. Alguns autores consideram distintamente o "arenito Botucatu" e o "arenito Pirambóia". Outros entretanto, consideram o Pirambóia como camadas intercaladas dentro do Botucatu, levando WASHBURNE (1930), a designar arenito Botucatu para o

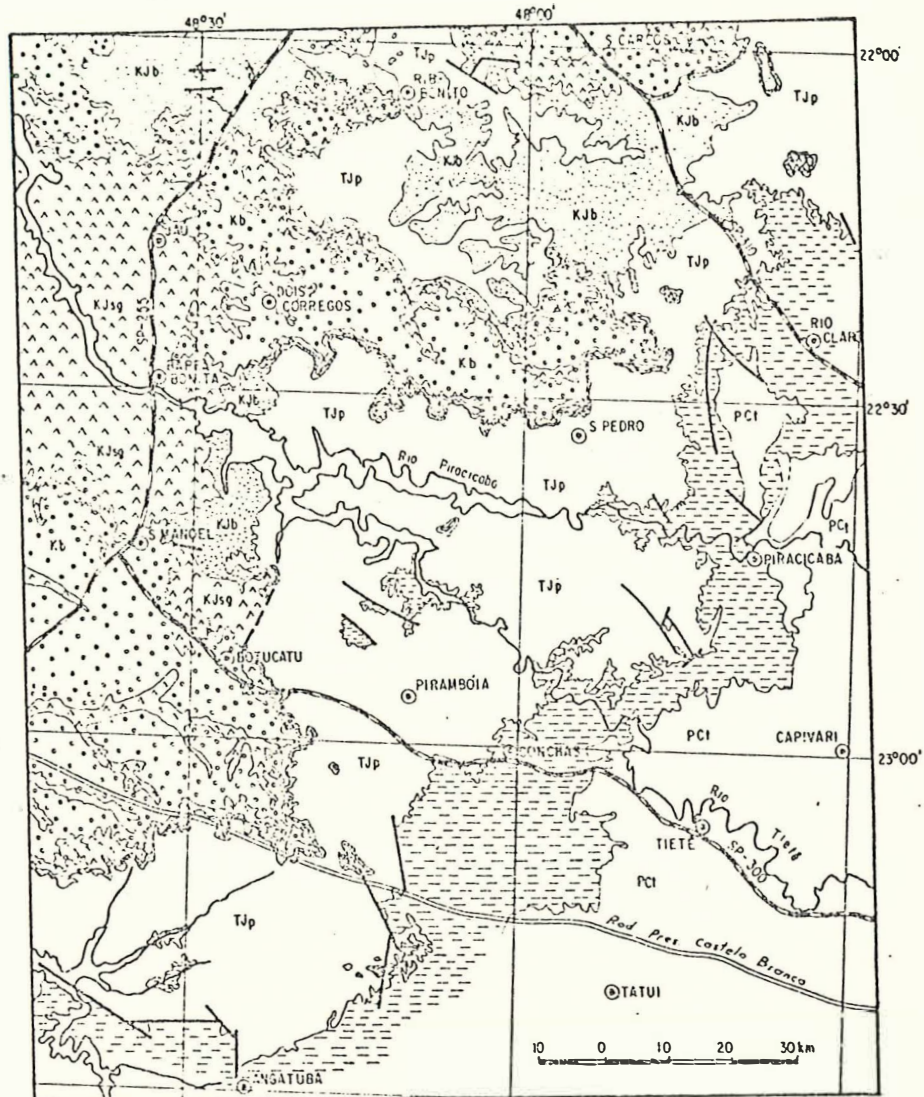
pacote superior de arenitos eólicos e arenito Pirambóia para o pacote inferior de arenitos fluviais.

No mapa geológico da quadrícula de Piracicaba, feito por ALMEIDA e BARBOSA (1953), encontra-se na legenda, a divisão Pirambóia, Botucatu, como unidades distintas, embora não representadas separadamente. O mesmo acontece no mapa geológico da quadrícula de Piracicaba feito por MEZZALIRA (1966), que apresenta nas referências a Formação Pirambóia - Botucatu, como pertencente ao período jurássico (?), não fazendo também distinção no mapa, Figura 2.

Já SOARES (1975), trabalhando com o Mesozóico no centro-leste do Estado de São Paulo, usou a Formação Pirambóia para o pacote inferior e formação Botucatu para o superior, desta feita fazendo a distinção no mapa geológico, como pode ser visto na Figura 3. Os depósitos de canais da Formação Pirambóia, com estratificação cruzada bem desenvolvida, são muito similares ao eólico da Formação Botucatu. Essa semelhança é atribuível à similaridade dos dois processos de sedimentação no fluvial; que além da deposição em barras, desenvolvem-se dunas ou ondas de areia, sub aquosas, com geometria e movimento das areias similares aos de dunas eólicas. As diferenças na solução devidas à diferente fluidez do meio aquoso e eólico, e as associações litológicas de estruturas sedimentares permitem distinguir sedimentos de rios meandrantés (de canais e de transbordamento) da Formação Botucatu, SOARES (1973).



Fig. 2 - Mapa geológico da área estudada (MEZZALIRA, 1966).



— LEGENDA —

Obs - As rochas intrusivas não estão representadas no mapa.





-  (Kb) Formação Bauru
-  (KJsg) Formação Serra Geral
-  (KJb) Formação Botucatu
-  (TJp) Formação Pirambóia
-  (Ppd) Grupo Passa Dois
-  (PCt) Grupo Tubarão
-  Falha



Fig. 3 - Mapa geológico do centro leste do Estado de São Paulo (Segundo ANDRADE e SOARES, 1971).

Os perfis de solos aqui estudados da série "Luiz de Queiroz" também fazem contacto com a Formação Corumbataí, pertencente ao Grupo Estrada Nova, MEZZALIRA (1965), sendo que tal formação pode contribuir com seus materiais para a referida série. Litologicamente está representada por siltitos cinzentos na base, siltitos e folhelhos variegados, sílex e, mais raramente, arenitos e calcários.

O que é interessante observar é que o Período Carbonífero (Paleozóica), pode ter contribuído com seus materiais para a formação desta série, pois uma das divisões propostas para o grupo Tubarão, encontrada no trabalho de LANDIN (1973), quando fez distinção de um pacote inferior correspondente a fase glacial e um pacote superior correspondente a fase pós-glacial, envolve também o aspecto paleoambiental, como o problema de ordem prática de mapeamento.

De acordo com Mendes (1963) e Landin (1967), citados por LANDIN (1973), se fosse bem caracterizada uma discordância entre o topo do Grupo Tubarão e a base do Grupo Passa Dois, tal sequência terminaria com o início da Formação Irati. As evidências de campo mostram porém uma continuidade de sedimentação entre ambos os grupos.

Em 1966, MENDES *et alii*, verificaram que a passagem do Grupo Tubarão para o Passa Dois se dá através de um ciclo redutor de sedimentação representado pela Formação Irati e fácies Taquaral, Ribeirão Grande e Paranapanema associados. De acordo com estes autores os siltitos cinza-escuros do topo do Tubarão repetem-se na sequência estratigráfica estando si-

tuados dentro e sobre o Irati. Isso significa que a sequência pós-glacial abrangeria além da porção superior do Tubarão todo o Grupo Passa Dois.

Os perfis de solos para o presente estudo estão localizados nesta área, cujo material de origem é provavelmente diabásio, e a unidade de mapeamento é a série "Luiz de Queiroz", RANZANI *et alii* (1966).

O relevo da região em estudo é suave ondulado, com formas topográficas não acentuadas a altitudes entre 500-700 m.

4.2 - Caracterização dos Solos Estudados

De acordo com a carta de solos do município de Piracicaba, SP, foram estudados sete perfis da série "Luiz de Queiroz", RANZANI *et alii* (1966).






O mapa de solos da região em estudo e localização dos perfis estudados podem ser vistos na Figura 4. A extensão e distribuição da Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo podem ser observadas na Figura 5.

Foram abertas trincheiras em cada área estudada e as amostras foram coletadas de acordo com LEMOS e SANTOS (1976). Foram coletadas 39 amostras de solos de sete perfis.



Fig. 4 - Mapa de solos da região e localização dos perfis estudados.

LEGENDA

- | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------|
|  | Série Litossol Lageadinho |  | Série Cruz Alta |
|  | Série Luiz de Queiroz |  | Série Guamium |
|  | Série Ibitiruna |  | Série Sertãozinho |
|  | Série Tijuco Preto |  | Série Pau D'Alho |
|  | Série Anhumas |  | Série Pompéia |



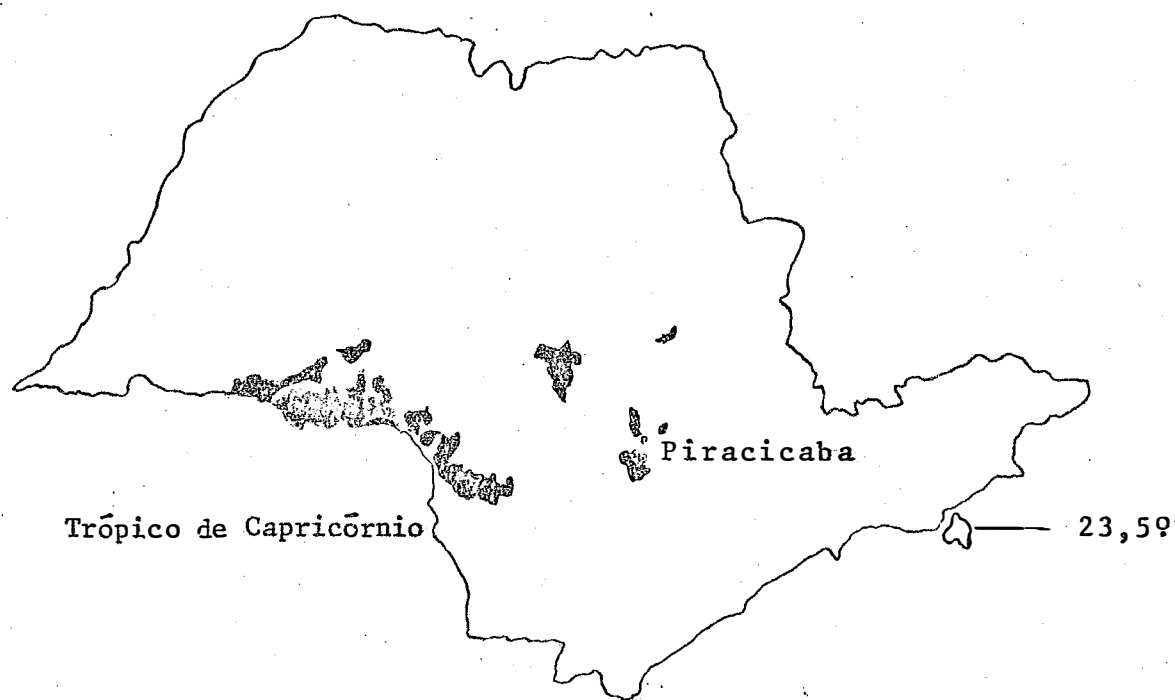


Fig. 5 - Mapa esquemático do Estado de São Paulo, mostrando a ocorrência de Terra Roxa Estruturada. (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

a) Análise mecânica dos solos

Utilizou-se o método da pipeta, com hidróxido de sódio 0,1N e uma agitação lenta durante 18 horas, segundo GROHMAN e VAN RAIJ (1974). O tempo de sedimentação para a argila (< 0,002 mm) e silte (0,053 - 0,002 mm) foi calculado empregan

do a lei de Stokes, segundo BAVER (1966). O fracionamento da análise mecânica, foi feito segundo BUCKMAN e BRADY (1966) de acordo com o sistema adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A.).

A argila dispersa em água, foi determinada pelo método da pipeta, sem o uso de dispersante químico e com agitação lenta por 18 horas.

b) Características químicas dos solos

De acordo a metodologia proposta por VETTORI (1969), a extração do cálcio + magnésio e alumínio trocáveis foi realizada com KCl 1 N. Para determinação do cálcio + magnésio utilizou-se o EDTA 0,025 N e negro de eriochromo como indicador. Para determinação de cálcio utilizou-se o EDTA 0,025 N, KOH 10% e murexida como indicador. Por diferença obteve-se o magnésio. O potássio e o sódio foram determinados por fotometria de chama, e para o alumínio usou-se o NaOH 0,25 N, tendo o bromotimol como indicador. Para a acidez trocável utilizou-se o acetato de cálcio como extrator e determinação com hidróxido de sódio 0,1 N, sendo a fenolftaleína a 3% o indicador. Por diferença obteve-se o hidrogênio trocável.

A soma de bases (S) foi determinada pela soma de cálcio, magnésio, potássio e sódio. O valor total de troca (T), foi obtido pela soma de bases (S) mais hidrogênio e alumínio. A saturação de bases foi obtida através da fórmula:

$$V \% = S/T \cdot 100 .$$

Os óxidos de ferro livre foram determinados seguindo as recomendações de JACKSON (1969) pela redução de ferro pelo ditionito de sódio e complexação através do citrato de sódio e bicarbonato de sódio. Para a determinação utilizou-se de um fotocolorímetro de comprimento de onda de 530 m.

O carbono orgânico, foi determinado adotando o método de Tiurim, modificado por VETTORI (1969), que consiste de combustão por via úmida com ácido crômico 0,4 N.

Para o pH em água e em KCl N adotou-se uma relação solo-água e solo-KCl N de 1 : 2,5 com determinação em um potenciômetro com eletrodo de calomelano, VETTORI (1969).

O ataque sulfúrico foi determinado seguindo-se a metodologia descrita por VETTORI (1969), usando o H_2SO_4 de densidade 1,47. Depois do ataque, determinou-se as porcentagens de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 . Usando algumas dessas determinações calculou-se as relações moleculares Ki e Kr.

c) Análise da fração argila dos solos

Para se obter uma dispersão total dos colóides dos solos foi necessária a remoção de sais solúveis, cálcio divalente trocável e do material cimentante, como o caso da matéria orgânica e óxidos de manganês livres, para tanto, seguiu-se as recomendações de JACKSON (1969).

Para a remoção dos sais solúveis e cátions divalentes, utilizou-se de um tratamento a quente com uma solução tampão de acetato de sódio, ajustada a pH 5, durante 30 minutos.

A remoção da matéria orgânica e óxidos de manganês livres foi feita utilizando-se água oxigenada a 30% .

O ferro livre foi removido da amostra de solo seguindo as recomendações de Holmgren (1967), citado por MENDES (1970), utilizando-se citrato de sódio, ditionito de sódio, água destilada e agitação rápida por 12 horas. Repetiu-se tantas vezes quantas necessárias para deixar a amostra clara ou acinzentada.

A dispersão e fracionamento da argila foi conseguida usando-se o método proposto por JACKSON (1969) em que as partículas maiores que 50 foram separadas do silte e da argila através de peneiramento. A argila foi separada do silte seguindo a lei de Stokes, segundo BAVER (1966).

Os difratogramas foram obtidos através de um aparelho NORELCO, de fabricação Phylips Eletronic Instrumental, N. Y., USA.

d) Fracionamento da areia total

A fração areia total foi dividida em cinco sub-fração: areia muito grossa , grossa , média , fina e muito fina, através de peneiramento por via seca conforme proposição de JEFFRIES (1941).

e) Separação das frações leve e pesada

Na sub-fração areia fina (moda) para todos os perfis, separou-se os minerais leves e pesados, utilizando-se da técnica recomendada por KRUMBEIM e PETTIJOHN (1938) que consiste no uso de um líquido pesado (bromofórmio, densidade 2,9) , em funis separadores.

f) Montagem das lâminas para microscopia e identificação

Sobre lâminas de microscópio de 46 x 26 mm , foi todo o resíduo pesado da sub-fração areia fina utilizado na montagem, usando o Bálsamo do Canadá, com índice de refração 1,54 .

A contagem dos minerais pesados foi feita por deslocamento do campo, depois do prévio reconhecimento dos minerais presentes na lâmina, contando-se aproximadamente 300 grãos. conforme citação de KRUMBEIM e PETTIJOHN (1938).

Os minerais foram reconhecidos através da cor, forma, relevo, pleocroísmo, alongação, birrefringência em luz convergente, pelo carácter uniaxial ou biaxial, sinal óptico, etc.

4.3 - Equipamentos e Condições de Trabalho

São descritos somente os principais.

Usou-se a fluorescência de raios X para determinação dos elementos zircônio e titânio, na fração silte e sub-frações areia fina e muito fina, utilizando-se de um aparelho de fabricação Phylips Eletronic Instruments, U.S.A., nas seguintes condições:

Elemento analisado: Zr - tubo tungstênio (W); cristal analisador: fluoreto de lítio; potencial: 50 Kv; corrente 32 mA; colimador fino; contador: cintilador; pico: 19.9792; background: 19,50920, contagem fixa: 20 segundos.

Elemento analisado: Ti - tubo tungstênio (W); cristal analisador: fluoreto de lítio; potencial: 40 Kv; corrente 43 mA; colimador fino; contador: cintilador; pico: 86,27920, contagem fixa: 20 segundos.

Microscopia Eletrônica

As micrografias eletrônicas foram obtidas com um aparelho Elmiskop da Siemens IA, operando em 80 Kv (tensão aceleradora). As fotomicrografias em negativo foram obtidas utilizando-se no aparelho chapas fotográficas tipo PRÓJECTOR SLIDE PLATES DA KODAK, 65 x 9 mm, fotografadas com aumento de 13.000 X.

Aparelho de Raios X

As análises difratométricas foram realizadas nos laboratórios da Escola de Engenharia de São Carlos, SP. Utili

zou-se de um aparelho NORELCO, de fabricação Phylips Eletronic Instrumental, New York, U.S.A. A fonte de irradiação utilizada foi um tubo de cobre com filtro de níquel, a unidade de força trabalhou com 35 Kv e 20 mA ; a velocidade do goniômetro foi de 2º/min. e a velocidade do papel de 30"/h., o contador Geiger operou em voltagem de 1.500 V.

Instrumental Óptico

Para identificação dos minerais pesados da sub-fração areia fina (moda) utilizou-se de um microscópio petrográfico Leitz , modelo Dialux-Poll.

4.4 - Teste sobre a Uniformidade do Material de Origem

O teste para uniformidade do material de origem foi conseguido através de algumas relações estabelecidas entre os minerais pesados mais resistentes ao intemperismo, sob hipótese de igualdade aproximada entre as relações de dois minerais nos diversos horizontes do perfil, salvo ocorressem descontinuidade litológicas.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Caracterização Morfológica, Química e Mecânica

5.1.1 - Análise morfológica dos perfis

a - Perfil Q1

Localização: Rodovia cidade - Usina Monte Alegre - 1 km da entrada da usina em direção à cidade à 800 m a esquerda.

Situação e declive: A posição do perfil no relevo é na parte média de uma encosta de 10% de declive.

Altitude: 597 m

Relevo: Ondulado

Erosão: Laminar moderada

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação: Cana-de-açúcar e pastagem natural

Ap - 0,31 cm ; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido),
bruno avermelhado (2,5YR 4/4, seco) ; argila;
moderada média granular ; poros pequenos, co-
muns ; duro, firme, plástico e ligeiramente pe-
gajoso ; transição clara e plana ; raízes fi-
nas e médias, comuns ; presença de galerias bio-
lógicas, comuns no horizonte.

B21(Bt1) - 31 - 75 cm ; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido),
vermelho (2,5YR 4/6 , seco) ; argila ; moderada
pequena e grande blocos angulares e subangula-
res ; poros muito pequenos, comuns ; cerosidade
forte e abundante ; duro, firme, plástico e pe-
gajoso ; transição gradual e plana ; raízes fi-
nas, médias, poucas.

B22(Bt2) - 75 - 98 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), bruno
avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; argila ; mode-
rada pequena e grande blocos angulares e suban-
gulares ; poros muito pequenos, comuns ; cerosi-
dade moderada e comum ; duro, firme, plástico e
ligeiramente pegajoso ; transição gradual e ir-
regular ; raízes finas, poucas.

B31(Bsql) - 98 - 170 cm ; vermelho escuro, acinzentado (10 R
3/3 , úmido), vermelho (2,5YR 4/6 , seco) ; ar-
gila ; maciça que se desfaz em fraca média blo-
cos subangulares ; poros muito pequenos, comuns;
cerosidade fraca e pouca ; macio, friável, li-

geiramente plástico e ligeiramente pegajoso ;
 transição difusa ; presença de nódulos de argi-
 la fortemente endurecidos, variando no tamanho
 de 10 a 30 mm ; raízes finas, médias, poucas.
 B32(Bsq2) - 170 - 230 cm + , vermelho escuro (10R 3/6 , úmi-
 do), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argi-
 la ; maciça que se desfaz em fraca média blocos
 subangulares ; poros muito pequenos, comuns; ma-
 cio, muito friável, ligeiramente plástico e li-
 geiramente pegajoso ; presença comum de nódulos
 de argila fortemente endurecido, variando no ta-
 manho de 10 a 20 mm.

Perfil Q2

Localização: Trincheira aberta, a 200 m depois da entrada da
 Caterpillar em direção a Tupi, 30 m à direita.
 Rodovia Tupi-Piracicaba (nova)

Situação: A posição do perfil situa-se numa declividade de
 5%.

Altitude: 591 m

Relevo: Suave ondulado

Erosão: Laminar ligeira

Drenagem: Bem drenado

Vegetação: Cana-de-açúcar

Ap - 0 - 10 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmi-
 do), castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ;

franco argila arenoso ; forte grande laminar, rompendo-se em forte média e grande granular nos primeiros três centímetros do horizonte ; poros pequenos, comuns ; extremamente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes finas, abundantes, pelos planos estruturais.

A & B - 10 - 27 cm ; castanho avermelhado escuro, (2,5YR 3/4 , úmido), castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; franco argilo arenoso ; maciça que se desfaz em forte grande prismática ; poros médios, muitos ; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso ; transição clara e ondulada ; raízes muito finas, pelos planos estruturais.

B21(Bt1) - 27 - 61 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila ; prismática que se desfaz forte média blocos subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade forte e abundante, acúmulo de cerosidade em galerias biológicas e cimentando grãos de quartzo ; extremamente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso ; transição gradual e plana.

B22(Bt2) - 61 - 83 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila ; prismática que se desfaz forte média blocos subangulares ; poros grandes horizontais comuns e poros médios poucos ; cerosidade forte e

comum, películas grossas sempre ocorrendo em galerias biológicas e poros grandes, as vezes cimentando grãos de quartzo ; extremamente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso ; extremamente duro, friável, muito plástico e muito pegajoso ; transição gradual e plana.

B31(Bsq1) - 83 - 130 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco), vermelho (2,5YR 4/6 , úmido) ; argila ; moderada a fraca média e grade blocos subangulares ; poros pequenos, comuns ; macio, muito friável , plástico e muito pegajoso ; transição difusa ; pontuações de carvão (< que 1 cm), em aproximadamente 5% do horizonte, localizadas na parte superior do mesmo ; fragmentos de sílica, brancos, pequenos, poucos ; raízes médias e finas, comuns.

B32(Bsq2) - 130 - 215 cm + , vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido) , vermelho (2,5YR 4/6 , seco) ; argila arenosa ; fraca média e grande blocos subangulares; poros médios, abundantes ; macio, muito friável, plástico e pegajoso ; galerias biológicas recobertas por argila ; pontuações rosa e brancas (sílica) ; pontuações pequenas de carvão em aproximadamente 2% do horizonte.

Obs.: - O horizonte A & B é fortemente adensado
 - Absorve água com dificuldade
 - Possui fendas < que 3 mm até a parte superior do B31(Bsq1)

Perfil Q - 3

Localização: Rodovia Tupi-Piracicaba (nova) a 3,6 km após a entrada da Caterpillar em direção à Tupi, 50 m à esquerda.

Situação e declive: a posição do perfil é na parte mediana de uma encosta com 5% de declive.

Altitude: 551 m

Relevo: Suave ondulado

Erosão: Laminar ligeira

Drenagem: Bem drenado

Vegetação: Cana-de-Açúcar

Ap - 0 - 8 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 2/4 , úmico), castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , seco) ; argila ; forte média granular ; poros médios, comuns ; extremamente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e ondulada ; raízes finas e muito finas, comuns, pelos planos estruturais.

A & B - 8 - 23 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 2/4 , úmico), castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , seco) ; argila ; maciça que se desfaz em forte grande blocos angulares e subangulares ; poros médios, comuns ; extremamente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso ; cerosidade fraca e pouca, transição gradual e plana ; presença de galerias biológicas, poucas ; raízes finas e muito finas comuns, pelos planos estruturais.

- B2(Bt2) - 23 - 78 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido) ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila pesada ; moderada média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, poucos ; erosidade forte e abundante, acúmulo de cerosidade revestindo as galerias biológicas ; duro , friável, plástico e pegajoso ; transição gradual e irregular ; presença de galerias biológicas , poucas ; presença de nódulos extremamente duros, poucos ; presença de pontuações de carvão, em aproximadamente 1% do horizonte.
- B31(Bsq1) - 78 - 133 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila pesada ; maciça que se desfaz em fraca pequena e média blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns, cerosidade fraca e pouca ; macio, muito friável, plástico e pegajoso ; transição difusa ; presença de nódulos de argila extremamente duros, poucos.
- B32(Bsq2) 133 - 210 cm + ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila pesada ; fraca média blocos subangulares ; poros médios, abundantes ; macio, muito friável , ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; raízes finas, poucas ; presença de nódulos de argila, extremamente duros, grandes (< 5 cm) , comuns ; presença de grãos de quartzo, pequenos, poucos.

- Obs.: - Horizonte A & B - muito adensado
 - Remanejamento mecânico até a altura dos 60 cm do perfil.

Perfil Q - 4

Localização: Partindo do viaduto da Caterpillar (Rodovia Piracicaba - Tupi), 5,2 km em direção a Capivari, trincheira localizada a 30 m à direita.

Situação e declive: A posição do perfil é na meia encosta, com 4% de declive.

Altitude: 640 m

Erosão: laminar ligeira

Drenagem: Bem drenado

Vegetação: Cana de açúcar e arroz

Ap - 0 - 20 cm ; castanho avermelhado escuro (5YR 3/3 , úmido) ; castanho avermelhado escuro (5YR 3/4 , seco) ; franco argilo arenoso ; fraca pequena granular ; poros médios e abundantes ; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e irregular ; raízes finas, médias, comuns.

A & B - 20 - 41 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido) , castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; franco argilo arenoso ; maciça que se desfaz em moderado grande prismática ; poros pequenos, comuns ; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e irregular ; raízes finas, comuns , pelos planos de clivagem.

- B21(Bt1) - 41 - 92 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho (2,5YR 4/6, seco) ; argila arenosa ; moderada média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade forte e comum, acúmulo de cerosidade nas galerias biológicas presentes ; duro, friável, plástico e pegajoso ; transição gradual e irregular ; raízes finas, médias, comuns.
- B22(Bt2) - 92 - 130 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/6 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila arenosa ; moderada, média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, poucos ; cerosidade forte e abundante ; duro, friável, muito plástico e muito pegajoso ; transição gradual e irregular ; raízes finas, poucas; acúmulo de cerosidade nos canais das galerias biológicas e naqueles deixadas pelas raízes.
- B31(Bsq1) 130 - 181 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila arenosa ; maciça que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares ; poros médios, abundantes ; cerosidade fraca e pouca; macio, muito friável, plástico e pegajoso ; transição difusa ; raízes finas, médias, poucas.
- B32(Bsq2) 181 - 215 cm + ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido) , vermelho (2,5YR 4/6 , seco) ; argila arenosa ; maciça que se desfaz em fraca média e

e grande blocos subangulares ; poros médios, abundantes ; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; raízes finas, médias, poucas.

Obs.; - Horizonte A & B - mostrando algum adensamento, e fendas pequenas podem ser observadas, até a parte superior do B21(Bt1).

Perfil Q - 5

Localização: Partindo da usina de calcário na rodovia Piracicaba-Tietê , a 2,5 km em direção à Tietê , entrando à esquerda e caminhando 100 m e à esquerda novamente mais 100 m.

Situação e declive: A posição é na meia encosta com 4% de declive.

Altitude: 597 m.

Relevo: Suave ondulado (regional).

Erosão: Laminar ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação: Cana-de-açúcar

Ap 0 - 20 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido) , castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; argila ; moderada média granular ; poros médios, comuns ; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e plana ; raízes finas, abundantes.

B21(Bt1) - 20 - 60 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; argila ; moderada média blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, médios, comuns ; cerosidade forte e abundante ; muito duro, firme, plásticico e pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes finas, médias, comuns.

B22(Bt2) - 60 - 100 cm ; castanho avermelhado (2,5 YR 4/4 , úmido), castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , seco) ; argila pesada ; moderada média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade forte e comum ; duro, firme, ligeiramente plásticico e ligeiramente pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes médias, poucas.

B23(Bt3) - 100 - 140 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), vermelho (2,5YR 4/6 , seco) ; argila pesada ; moderada média blocos angulares e subangulares, poros pequenos, comuns ; cerosidade forte e comum ; duro, firme, ligeiramente plásticico e ligeiramente pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes médias, finas, poucas.

B3(Bsq1) 140 - 210 cm + . ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), vermelho (2,5YR 4/8 , seco) ; argila pesada ; maçica que se desfaz em pequena é média blocos subangulares ; poros pequenos, abundante ; macio , friável, ligeiramente plásticico e ligeiramente pegajoso ; presença de nódulos de argila, extremam

mente duros, espalhados pelo horizonte, em aproximadamente 10% do mesmo.

Perfil Q - 6

Localização: Partindo da usina de calcário, saída para Tietê (estrada de terra), até cruzar a estrada de ferro (Chicó) numa distância de 4 km, dirigindo a esquerda beirando a linha férrea, 1 km, dobrando à direita a 100 m, foi aberta a trincheira.

Situação e declive: A posição do perfil é de meia encosta, com 5% de declive.

Relevo: Suave ondulado

Erosão: Laminar ligeira

Drenagem: Bem drenado

Vegetação: Cana-de-açúcar

Ap - 0 - 15 cm ; castanho avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), castanho avermelhado (5YR 4/4, seco) ; argila ; moderada média granular ; poros médios, abundantes ; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e plana ; atividade biológica intensa ; raízes finas e muito finas, abundantes.

A & B - 15 - 35 cm ; castanho avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), castanho avermelhado escuro (5YR 3/4, seco) ; argila ; forte pequena e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade fraca e pouca ; muito duro, muito firme

me , ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e plana ; raízes finas , médias, poucas, acompanhando os planos estruturais.

B21(Bt1) - 35 - 80 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/4 , úmido), castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila pesada ; moderada média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns; cerosidade forte e abundante ; duro, firme, plástico e pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes finas, médias, comuns ; presença de pontuações de carvão em todo o horizonte.

B22(Bt2) - 80 - 122 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , seco) ; argila pesada ; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns; cerosidade forte e abundante ; duro, firme, plástico e pegajoso ; transição clara e plana ; raízes finas, poucas ; presença de pontuações pequenas de carvão, esparsas no horizonte.

B31(Bsq1) 122 - 176 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido) ; argila ; fraca pequena blocos subangulares ; poros pequenos, abundantes ; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição difusa ; raízes finas, médias, poucas ; presença de nódulos de argila, extremamente duros, com média de 1 cm de

diâmetro, em aproximadamente 5% do horizonte, es
parsos ; presença de pontuações de carvão, pe-
 quenas, poucas :

B32(Bsq2) 176 - 212 cm + ; castanho avermelhado escuro (2,5YR
 3/4 , seco), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmi-
 do) ; argila pesada ; maciça que se desfaz em
 fraca pequena blocos subangulares ; poros peque
nos, abundantes ; macio, muito friável, ligeira-
 mente plástica e ligeiramente pegajoso ; raízes
 médias, finas, poucas ; presença de nódulos de
 argila, extremamente duros, variando de 5 a 30
 mm de diâmetro, cobrindo cerca de 5% do horizon
te, esparsos.

Obs.: - Horizonte A & B bastante adensado
 - O perfil apresenta fendas de cerca de 5 mm, desde
 o Ap até a parte superior do B21(Bt1)
 - Material remanejado presente.

Perfil Q - 7

Localização: Rodovia Piracicaba-Tietê, 3,8 km em direção de
 Tietê , entrada à direita, estrada de terra em
 direção à usina Santa Helena, caminhando 1,1 km
 trincheira aberta à direita, 50 m.

Situação e declive: A posição do perfil é numa encosta de
 6% , parte mediana.

Altitude: 604 m

Relevo: Suave ondulado (regional)

Drenagem: Bem drenado

Vegetação: Cana-de-açúcar

Ap - 0 - 21 cm ; castanho avermelhado escuro (5YR 3/3 , úmido) , castanho avermelhado escuro (5YR 4/3 , seco) ; franco argiloso ; moderada pequena e média granular ; poros pequenos, comuns ; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ; transição clara e plana ; raízes médias, finas, abundantes.

B21(Bt1) - 21 - 72 cm ; vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido), vermelho (2,5YR 4/6 , úmido) ; argila pesada ; forte média e grande blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade forte abundante ; duro, firme, plástico e pegajoso ; transição gradual e plana ; raízes finas, poucas.

B22(Bt2) - 72 - 120 cm ; castanho avermelhado escuro (2,5YR 3/4 , úmido), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido) ; argila pesada ; moderada média blocos angulares e subangulares ; poros pequenos, comuns ; cerosidade moderada a forte e abundante ; duro, firme, plástico e pegajoso ; transição clara e plana ; raízes finas, poucas.

B31(Bsq1) 120 - 161 cm ; castanho avermelhada escuro (2,5YR 3/4 , úmido), castanho avermelhado (2,5YR 4/4 , úmido) ; argila pesada ; fraca pequena blocos subangulares ; poros médios, abundantes ; cerosidade fraca e pouca ; ligeiramente duro, friável

vel, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajoso ; transição difusa ; presença de poucos nódulos de argila, extremamente endurecidos ; raízes finas, poucas.

B32(Bsq2) 161 - 210 cm + ; vermelho (2,5YR 4/6 , seco), vermelho escuro (2,5YR 3/6 , úmido) ; argila pesada; fraca pequena e média blocos subangulares ; poros pequenos, abundantes ; macio, muito friável ligeiramente plástica e ligeiramente pegajoso ; raízes finas, poucas ; presença de nódulos de argila, extremamente endurecidos, poucos, variando de 0,5 a 2 cm de diâmetro.

5.1.2 - Análises granulométricas e químicas dos perfis

Os resultados das análises granulométricas dos perfis podem ser observados nas Tabelas 4 e 5 , ao passo que os resultados das análises químicas encontram-se nas Tabelas 6 e 7 . As Tabelas 8 e 9 mostram os resultados para o ataque sulfúrico e Fe livre dos perfis estudados.

TABELA 4 - Resultados das análises granulométricas dos perfis, segundo o SOIL SURVEY STAFF (1951), expressos em % - TFSE

Perfil	Horizonte	Profundi- dade	Areia					Total	Silte	Argila	Argila disper- sa em água	Classe Textu- ral (*)
			MG	G	M	F	MF					
Q-1	Ap	0-31	0,4	1,4	3,6	14,2	10,2	29,8	23,2	47,0	29,5	r
	B21(Bt1)	31-75	0,5	0,9	2,5	10,9	8,1	22,9	17,1	60,0	12,5	rp
	B22(Bt2)	75-98	0,3	1,2	2,5	10,8	7,8	22,6	18,2	59,2	8,7	r
	B31(Bsq1)	98-170	0,4	1,1	2,7	12,3	7,4	25,9	17,5	56,6	3,1	r
	B32(Bsq2)	170-230 +	0,6	1,0	2,5	12,8	8,6	25,5	29,5	45,0	2,1	r
Q-2	Ap	0-10	0,9	3,1	9,2	30,8	13,2	57,2	13,0	29,8	24,7	bra
	A&B	10-27	0,8	3,6	8,6	29,1	12,9	55,0	12,7	32,3	25,3	bra
	B21(Bt1)	27-61	0,7	2,1	6,9	21,6	9,6	40,9	8,6	50,5	36,9	r
	B22(Bt2)	61-83	0,6	1,9	6,0	21,9	12,3	40,2	10,8	49,0	40,4	r
	B31(Bsq1)	83-130	0,8	2,3	6,3	22,2	13,5	43,5	11,5	45,0	17,4	r
B32(Bsq2)	130-215 +	0,8	1,8	5,5	23,6	13,7	45,6	12,0	42,4	1,5	r	
Q-3	Ap	0-8	0,4	1,3	2,3	9,0	7,0	20,0	23,3	56,7	30,6	r
	A&B	8-23	0,4	1,3	2,3	9,5	7,2	20,7	21,7	57,6	40,2	r
	B2(Bt)	23-78	0,4	1,0	1,9	8,4	6,7	18,4	15,0	66,6	45,2	rp
	B31(Bsq1)	78-133	0,3	1,2	2,3	8,3	6,9	19,0	16,1	64,9	1,5	rp
	B32(Bsq2)	133-210 +	0,4	0,9	2,4	9,7	7,1	20,5	8,6	70,9	2,1	rp

(*) r = argila ; rp = argila pesada ; bra = franco argilo arenoso ;
 MG = muito grossa ; G = grossa ; M = média ; F = fina ; MF = muito fina.

TABELA 5 - Resultados das análises granulométricas dos perfis, segundo o SOIL SURVEY STAFF (1951), expresso em % - TFSE

Perfil	Horizonte	Profundidade	Areia				Areia Total		Silte	Argila	Argila dispersa em água	Classe Textural (*)
			MG	G	M	F	MF	Total				
Q-4	Ap	0-20	0,7	4,5	10,9	32,9	12,6	61,6	9,1	29,3	21,2	bra
	A & B	20-41	0,4	5,6	9,7	33,2	13,1	62,0	14,8	23,2	20,7	bra
	B21(Bt1)	41-92	0,5	2,5	7,9	27,4	12,4	50,7	9,9	39,4	26,3	ra
	B22(Bt2)	92-130	0,4	3,5	6,3	28,4	12,7	51,1	14,1	34,8	29,6	ra
	B31(Bsq1)	130-181	0,3	3,4	7,7	27,4	12,3	51,1	9,1	39,8	25,5	ra
	B32(Bsq2)	181-215 +	0,7	3,9	7,9	28,2	12,9	53,6	8,5	37,9	2,5	ra
Q-5	Ap	0-20	0,5	1,0	2,3	9,6	6,7	20,1	22,9	57,0	42,0	r
	B21(Bt1)	20-60	0,8	0,7	1,7	6,5	5,3	15,0	17,5	67,5	59,7	rp
	B22(Bt2)	60-100	0,3	0,6	1,1	5,1	5,0	12,1	17,2	70,7	49,4	rp
	B23(Bt3)	100-140	0,1	0,7	1,1	6,0	5,2	13,1	9,5	77,4	6,9	rp
	B3(Bsq1)	140-210 +	0,3	0,4	1,0	5,2	4,4	11,3	11,1	77,6	2,7	rp
	Ap	0-15	0,7	1,0	2,6	12,7	7,7	24,7	23,3	52,0	32,4	r
Q-6	A & B	15-35	0,2	1,1	2,1	11,1	6,9	21,4	28,1	50,5	38,1	r
	B21(Bt1)	35-80	0,2	0,5	1,1	5,7	3,4	10,9	16,9	72,2	2,8	rp
	B22(Bt2)	80-122	0,2	0,5	1,0	5,2	3,5	10,4	15,1	74,5	2,2	rp
	B31(Bsq1)	122-176	0,2	0,3	1,1	6,3	4,4	12,3	19,5	68,5	1,7	rp
	B32(Bsq2)	176-212 +	0,1	0,4	1,1	6,6	4,1	12,2	22,2	65,6	2,0	rp
	Ap	0-25	0,3	0,9	3,6	14,7	9,7	29,2	20,1	50,7	25,8	r
Q-7	B21(Bt1)	25-72	-	0,1	0,5	8,0	7,7	16,3	17,8	65,9	60,1	rp
	B22(Bt2)	72-120	-	0,7	1,5	8,1	5,8	16,1	8,2	75,7	54,6	rp
	B31(Bsq1)	120-161	0,3	0,8	2,1	8,7	6,0	17,1	5,4	76,7	4,1	r
	B32(Bsq2)	161-210 +	0,1	0,5	2,0	8,6	6,9	18,0	10,4	71,6	2,6	rp

(*) Mesma legenda da Tabela 4.

TABELA 6 - Resultados das análises químicas

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	pH		Δ pH	C (%)	Complexo trocável -- mE/100 cm ³ de solo						V (%)		
			H ₂ O	KCl			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺		S	T
Q-1	Ap	0-31	5,6	5,1	- 0,5	1,33	3,60	1,40	0,21	0,02	3,50	0,10	5,23	8,83	59,2
	B21(Bt1)	31-75	5,9	5,4	- 0,5	0,66	3,20	0,80	0,02	0,02	2,60	0,10	4,04	6,74	59,9
	B22(Bt2)	75-98	6,1	5,5	- 0,6	0,79	3,20	0,80	0,01	0,02	2,30	0,10	4,03	6,43	62,7
	B31(Bsq1)	98-170	6,2	5,9	- 0,3	0,66	2,40	0,40	0,01	0,02	1,70	0,10	2,83	4,63	62,1
	B32(Bsq2)	170-230 +	6,2	5,9	- 0,3	0,33	2,00	0,60	0,01	0,02	1,40	0,10	2,63	4,13	63,7
Q-2	Ap	0-10	5,3	4,7	- 0,6	1,30	3,70	0,70	0,09	0,02	2,60	0,10	4,51	7,21	62,6
	A&B	10-27	5,5	4,9	- 0,6	1,12	4,10	0,70	0,04	0,03	1,70	0,10	4,87	6,67	73,0
	B21(Bt1)	27-61	5,6	5,0	- 0,6	1,00	3,30	0,80	0,04	0,03	2,00	0,10	4,17	6,27	66,5
	B22(Bt2)	61-83	5,8	5,1	- 0,7	1,12	3,10	0,60	0,03	0,02	1,70	0,10	3,75	5,55	67,6
	B31(Bsq1)	83-130	5,8	5,3	- 0,5	0,88	2,70	1,50	0,02	0,02	1,40	0,10	3,24	4,74	68,4
	B32(Bsq2)	130-215 +	5,8	5,7	- 0,1	0,41	1,60	0,80	0,03	0,02	0,80	0,10	2,45	3,35	73,1
Q-3	Ap	0-8	5,8	4,8	- 1,0	2,13	3,70	1,30	0,60	0,02	3,80	0,10	5,62	9,52	59,0
	A&B	8-23	5,7	4,9	- 0,8	1,95	4,90	1,00	0,39	0,03	3,50	0,10	6,32	9,92	63,7
	B2(Bt)	23-78	5,6	5,0	- 0,6	1,18	2,90	0,70	0,15	0,02	2,90	0,10	3,76	6,76	55,6
	B31(Bsq1)	78-133	4,8	4,2	- 0,6	1,12	1,20	0,50	0,22	0,03	3,60	0,50	1,96	6,05	32,4
	B32(Bsq2)	133-210 +	4,6	4,2	- 0,4	1,18	0,80	0,60	0,21	0,02	4,00	0,70	1,63	6,33	25,8

TABELA 7 - Resultados das análises químicas

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	pH		Δ pH	C (%)	Complexo trocável - mE/100 cm ³ de solo							V (%)	
			H ₂ O	KCl			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	S		T
Q-4	Ap	0-20	5,3	4,3	- 1,0	0,68	2,10	0,80	0,17	0,02	3,1	0,2	3,09	6,39	48,4
	A & B	20-41	4,9	4,0	- 0,9	1,23	1,50	0,60	0,08	0,03	3,5	0,6	2,21	6,31	35,0
	B21(Bt1)	41-92	4,7	3,9	- 0,8	0,82	1,10	0,30	0,06	0,02	2,6	0,7	1,48	4,78	31,0
	B22(Bt2)	92-130	5,0	4,3	- 0,7	0,82	1,50	0,40	0,02	0,02	2,2	0,2	1,94	4,34	44,7
	B31(Bsq1)	130-181	5,1	4,5	- 0,6	0,54	1,50	0,30	0,02	0,02	2,0	0,1	1,84	3,94	46,7
B32(Bsq2)	181-215 +	5,3	5,2	- 0,1	0,54	0,90	0,30	0,02	0,02	1,1	0,1	1,24	2,44	50,8	
Q-5	Ap	0-20	5,4	4,6	- 0,8	1,53	5,30	1,60	0,11	0,02	4,5	0,2	7,03	11,73	59,9
	B21(Bt1)	20-60	5,7	4,7	- 1,0	1,13	4,40	1,30	0,05	0,02	5,2	0,1	5,77	11,07	52,1
	B22(Bt2)	60-100	5,1	4,1	- 1,0	1,26	1,90	0,80	0,03	0,02	2,1	0,6	2,75	5,45	50,5
	B23(Bt3)	100-140	4,9	4,0	- 0,9	0,93	0,60	0,60	0,02	0,02	3,3	1,4	1,22	5,92	20,6
	B3(Bsq)	140-210 +	5,1	3,8	- 1,3	0,59	0,30	0,20	0,03	0,02	3,2	1,5	0,55	5,25	10,5
Q-6	Ap	0-15	5,5	4,7	- 0,8	1,36	6,70	1,70	0,28	0,06	3,8	0,1	8,74	12,64	69,1
	A & B	15-35	5,6	4,6	- 1,0	1,91	7,50	1,30	0,06	0,06	3,5	0,1	8,92	12,52	71,2
	B21(Bt1)	35-80	5,7	5,0	- 0,7	0,95	3,90	0,70	0,02	0,03	2,6	0,1	4,65	7,35	63,3
	B22(Bt2)	80-122	5,7	5,1	- 0,6	0,82	3,40	0,70	0,02	0,03	2,0	0,1	4,15	6,25	66,4
	B31(Bsq1)	122-176	5,9	5,5	- 0,4	0,68	2,10	0,60	0,02	0,02	1,4	0,1	2,74	4,24	64,6
B32(Bsq2)	176-212 +	6,3	5,8	- 0,5	0,82	1,90	0,60	0,01	0,02	1,4	0,1	2,53	4,03	64,6	
Q-7	Ap	0-25	7,7	6,6	- 1,1	1,79	9,80	1,10	1,60	0,00	0,3	0,0	12,50	12,80	97,7
	B21(Bt1)	25-72	7,4	6,2	- 1,2	1,13	5,80	0,80	0,40	0,02	0,8	0,1	7,02	7,92	88,6
	B22(Bt2)	72-120	6,6	5,8	- 0,8	0,93	3,00	0,30	0,53	0,02	1,4	0,1	3,85	5,35	72,0
	B31(Bsq1)	120-161	5,5	5,1	- 0,4	0,39	2,10	0,20	0,39	0,02	2,3	0,1	2,71	5,11	53,0
	B32(Bsq2)	161-210 +	5,2	5,0	- 0,2	0,19	2,50	0,50	0,06	0,02	3,2	0,1	3,08	6,38	48,3

TABELA 8 - Resultados das análises química

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Ataque por H_2SO_4 d = 1,47 (%)					Ki	Kr	Fe-livre cit.-dit. (%)
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5			
Q - 1	Ap	0 - 31	15,47	17,25	18,18	1,34	0,16	1,52	0,91	9,94
	B21(Bt1)	31 - 75	22,05	16,99	18,48	1,25	0,13	2,20	1,30	10,02
	B22(Bt2)	75 - 98	22,17	16,73	17,87	0,93	0,13	2,25	1,34	9,74
	B31(Bsq1)	98-170	19,69	18,02	18,38	1,10	0,09	1,85	1,12	10,18
	B32(Bsq2)	170-230 +	21,04	18,02	18,48	1,20	0,11	1,98	1,20	10,18
Q - 2	Ap	0 - 10	0,37	8,49	10,17	0,47	0,05	1,87	1,22	7,16
	A & B	10 - 27	9,81	9,00	10,87	0,51	0,05	1,85	1,19	7,16
	B21(Bt1)	27 - 61	15,44	13,41	14,42	0,59	0,05	1,95	1,26	8,44
	B22(Bt2)	61 - 83	14,13	14,04	13,40	0,56	0,04	1,71	1,16	8,20
	B31(Bsq1)	83-130	13,31	13,13	12,39	0,48	0,04	1,72	1,18	7,95
B32(Bsq2)	130-215 +	14,01	13,00	13,20	0,47	0,03	1,83	1,22	7,69	
Q - 3	Ap	0 - 8	20,49	20,34	18,69	1,33	0,08	1,71	1,08	9,53
	A & B	8 - 23	20,42	22,34	18,06	1,14	0,08	1,55	1,03	6,59
	B2(Bt)	23 - 78	21,33	22,64	20,00	1,25	0,05	1,60	1,02	8,65
	B31(Bsq1)	78-133	20,81	22,42	19,39	1,37	0,04	1,57	1,01	10,44
	B32(Bsq2)	133-210 +	20,66	22,37	18,72	1,29	0,04	1,57	1,04	9,42

TABELA 9 - Resultados das análises químicas

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Ataque por H ₂ SO ₄ d = 1,47 (%)					Fe livre cit.-dit. (%)		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅			
Q-4	Ap	0-20	9,53	9,00	9,56	0,37	0,04	1,80	1,22	7,16
	A & B	20-41	9,49	9,00	9,56	0,35	0,04	1,79	1,22	7,78
	B21(Bt1)	41-92	12,44	12,36	10,98	0,37	0,02	1,71	1,21	8,06
	B22(Bt2)	92-130	11,39	12,36	11,08	0,38	0,02	1,56	1,10	7,52
	B31(Bsq1)	130-181	11,57	12,61	11,58	0,45	0,02	1,55	1,08	8,11
B32(Bsqq)	181-215 +	11,85	12,87	11,08	0,38	0,02	1,56	1,11	7,12	
Q-5	Ap	0-20	31,20	19,43	11,03	0,30	0,05	2,72	2,16	7,71
	B21(Bt1)	20-60	30,17	22,85	11,64	0,27	0,03	2,24	1,80	8,66
	B22(Bt2)	60-100	27,52	24,25	11,70	0,26	0,03	1,94	1,58	9,32
	B23(Bt3)	100-140	13,78	25,27	11,85	0,29	0,03	0,92	0,75	9,32
	B3(Bsq)	140-210 +	13,87	24,88	12,28	0,26	0,03	0,94	0,76	8,33
Q-6	Ap	0-15	18,20	17,13	12,91	0,70	0,08	1,80	1,22	8,94
	A & B	15-35	18,84	17,59	11,84	0,65	0,08	1,82	1,27	9,01
	B21(Bt1)	35-80	30,77	24,96	13,21	0,52	0,04	2,09	1,56	9,56
	B22(Bt2)	80-122	28,59	24,41	13,22	0,48	0,04	1,99	1,48	9,49
	B31(Bsq1)	122-176	24,51	24,75	13,68	0,58	0,04	1,68	1,24	8,81
B32(Bsq2)	176-212 +	26,95	23,95	13,10	0,57	0,03	1,91	1,41	8,46	
Q-7	Ap	0-25	18,92	16,32	8,88	0,22	0,17	1,97	1,60	7,25
	B21(Bt1)	25-72	27,78	23,27	10,81	0,24	0,03	2,02	1,67	6,82
	B22(Bt2)	72-120	15,60	20,34	10,77	0,25	0,02	1,30	1,04	8,27
	B31(Bsq1)	120-161	26,30	25,72	11,46	0,24	0,02	1,73	1,43	8,74
	B32(Bsq2)	161-210 +	18,51	24,55	11,34	0,25	0,02	1,28	1,05	8,46

5.1.3 - Interpretação dos resultados morfológicos, granulométricos e químicos.

Pela observação dos resultados das análises granulométricas (Tabelas 4 e 5) , algumas tendências podem ser ressaltadas. Há distinção de duas áreas, considerando uma argilosa constituída pelos perfis Q-1 , Q-3 , Q-5 , Q-6 e Q-7 e outra arenosa comportando os perfis Q-2 e Q-4. Na área dos perfis considerados argilosos, o conteúdo da fração argila está acima de 50% e na área dos perfis arenosos, a fração areia está acima de 40% .

As diferenças texturais no perfil podem ser devidas ao processo de evolução a que está sujeito o solo, podendo estas camadas se individualizarem, no que diz respeito à textura, levando-se em conta os fenômenos de eluviação e iluviação, aparecendo dessa maneira horizontes cujas características texturais são uma consequência das migrações. De acordo com QUEIROZ NETO (1963) os fenômenos migratórios, considerando a análise mecânica, na maioria das vezes é feita em função das frações mais finas, principalmente as coloidais, havendo pouca citação ao comportamento das frações grosseiras, o que leva a deduzir que a textura é assim uma das características mais utilizadas para a comparação dos solos.

Evidentemente, a composição e intemperização da rocha que dá origem ao solo, têm uma influência muito grande na composição textural do mesmo, sugerindo-nos que os perfis Q-1 , Q-3 , Q-5 , Q-6 e Q-7 tenham contribuição de material básico, provavelmente um "sill" de intrusivas básicas que

interromperam a formação Irati, MEZZALIRA (1965), ou seja o diabásio foi a rocha que contribuiu decisivamente na origem dos solos da série "Luiz de Queiroz", pois de acordo com MELFI (1967), a dominância do conteúdo das frações finas está ligada a maior probabilidade de alterações dos materiais formados a partir de uma determinada rocha. Normalmente os piroxênios e plagioclásios constituem cerca de 80% do diabásio, sendo esses minerais facilmente intemperizados, produzindo outros de neoformação, os quais se concentram nas frações limo e argila.

Para todos os perfis estudados nota-se um gradiente textural, sendo que nos perfis Q-1, Q-3, Q-5, Q-6 e Q-7, verifica-se uma maior concentração de argila no horizonte B2. Essa concentração de argila no B2, leva a um gradiente textural entre o Ap e o B2, cuja relação é superior ao valor estipulado pelo E.U.A. - SOIL SURVEY STAFF (1975), para diagnosticar um horizonte argílico. A morfologia destes perfis também confirma a presença de um horizonte argílico, tanto pela presença da cerosidade forte e abundante, como pelos teores de argila dispersa em água. Também HARPSTEAD e RUST (1964), afirmam que a cerosidade, credencia a ocorrência de processos de eluviação - iluviação, mas BREWEP (1968), SIMONSON (1949) e McCALLEB (1959), discordam de HARPSTEAD e RUST (1964), quando afirmam que a ocorrência de um horizonte de acúmulo, nem sempre é explicada pelos processos de eluviação - iluviação, revelando que o material do horizonte A pode sofrer transporte oblíquo ao longo das vertentes, podendo haver conseqüentemente um empobrecimento deste horizonte.

Para os perfis Q-2 e Q-4, existe a diferença textural, mas, o conteúdo de argila é bem inferior ao dos outros perfis, apresentando conseqüentemente altos valores para a fração areia, o que sugere que estes solos tiveram contribuição efetiva de materiais provenientes de formações arenosas, assunto que será tratado no capítulo Gênese do Solo. O que conduz a esta suposição é o fato de que tais solos são citados por RANZANI *et alii* (1966), como provavelmente originados do diabásio e, sabe-se que os solos originados de tal rocha, têm como característica marcante a textura argilosa. Dessa maneira, o alto conteúdo de areia nestes perfis, é contrário às proporções de LEINZ e AMARAL (1978), quando o mesmo relata que tais rochas se destacam por praticamente ausência de quartzo.

Os valores para saturação de bases dos perfis estudados encontram-se nas Tabelas 6 e 7. Da comparação entre os perfis observa-se, que de uma maneira geral, os mesmos apresentam média a alta saturação de bases, o que pode ser explicado considerando ser o diabásio o seu material de origem.

Os perfis Q-3 e Q-5, apresentam teores de saturação de bases acima de 50% nos três horizontes superiores, sendo que nos horizontes inferiores este valor diminui bruscamente, o que pode sugerir uma diferença entre fontes de origem, sendo que os horizontes superiores provavelmente receberam contribuição de rochas básicas, por outro lado os horizontes inferiores, parecem ter se desenvolvido de um material mais empobrecido.

O perfil Q-4 , é o que apresenta a textura mais arenosa de todos, cujos valores são superiores a 50% , atingindo um máximo de 62% , levando a uma variação de classes texturais de franco argilo arenosa a argilo arenosa. O alto conteúdo de areia presente neste solo, leva a sugerir uma maior contribuição de fontes de materiais arenosos.

Correlacionando os solos estudados com os levantados por RANZANI *et alii* (1966), cujo trabalho foi desenvolvido na área, verifica-se que os resultados dos perfis Q-1 , Q-3 , Q-5 , Q-6 e Q-7 , de uma maneira geral, concordam com os resultados encontrados por aqueles autores quando comparados com o perfil modal para a série "Luiz de Queiroz". O mesmo se verifica quando comparamos tais resultados com os parâmetros estipulados pela COMISSÃO DE SOLOS (1960), para Terra Roxa Estruturada. Os resultados para o perfil Q-2 se enquadram parcialmente, ficando o perfil Q-4 , fora das especificações da referida Comissão, devendo ser tal solo enquadrado em outra unidade, assunto que será tratado no capítulo referente a classificação dos solos.

5.2 - Composição Mineralógica

Este capítulo está dividido em duas partes, uma referente a mineralogia da fração argila, à qual será dado apenas um enfoque superficial, com a pretensão de evidenciar os minerais de ocorrência mais comum ; a outra parte tratará do estudo correspondente às análises mineralógicas da fração gros

seira, sendo um dos objetivos principais da presente pesquisa.

É importante ressaltar que na parte referente à análise mineralógica da fração $< 2 \mu$, serão apresentados apenas alguns difratogramas selecionados dos perfis, uma vez que a semelhança mineralógica é evidente, tornando assim desnecessária a apresentação de todos. Neste capítulo, também serão apresentadas as micrografias eletrônicas, com a intenção de obter-se uma confirmação das análises difratométricas.

5.2.1 - Análises difratométricas e microscopia eletrônica

Os difratogramas das amostras de material do perfil Q-2 com orientação preferencial e intensificação para 001, Figuras 6 e 7, evidenciam claramente a dominância da caolinita, com picos bem nítidos nos espaçamentos 7,2 e 3,6 Å, sendo que tais picos são eliminados quando aplicado o tratamento de aquecimento a 550°C, permanecendo inalteráveis nos demais. A presença de gibbsita, é observada com picos de intensidades bem menores, não muito evidenciados, característicos dos espaçamentos 4,8 e 4,3 Å e, mais evidentes no horizonte de acúmulo, sendo destruído com o aquecimento de 350°C. Outro mineral presente, mas com picos com uma intensidade muito baixa, é a vermiculita, com um pico no espaçamento 10 Å, amostra K-saturada ao natural, aumentando para 14 Å com a glicolação reduzindo novamente para 10 Å com os tratamentos de aquecimentos (350 e 550°C).

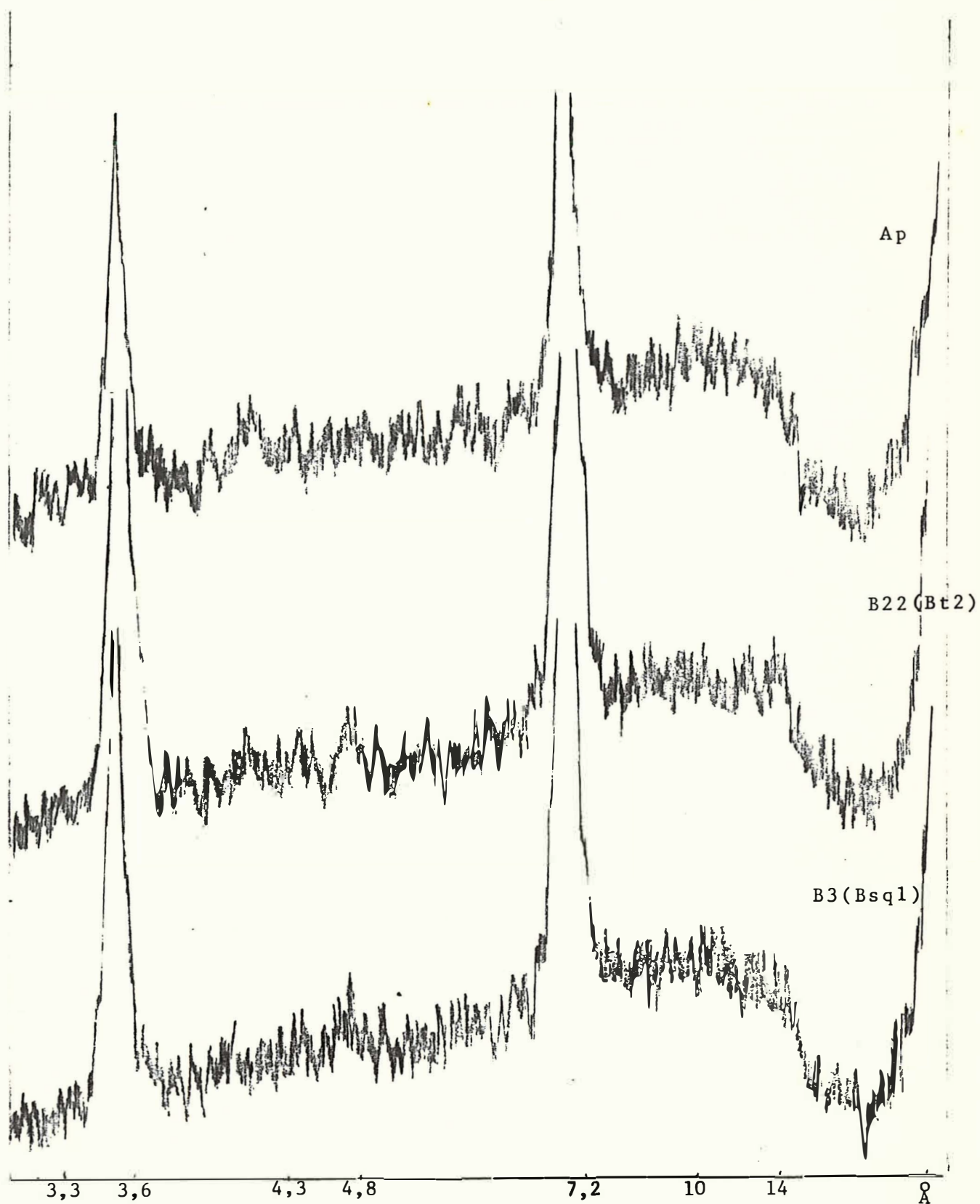


Fig. 6 - Difratoqramas da sequênciã vertical do perfil Q - 2, K - saturada (25°C) dos sub-horizontes Ap , B22(Bt2), e B3(Bs q1).

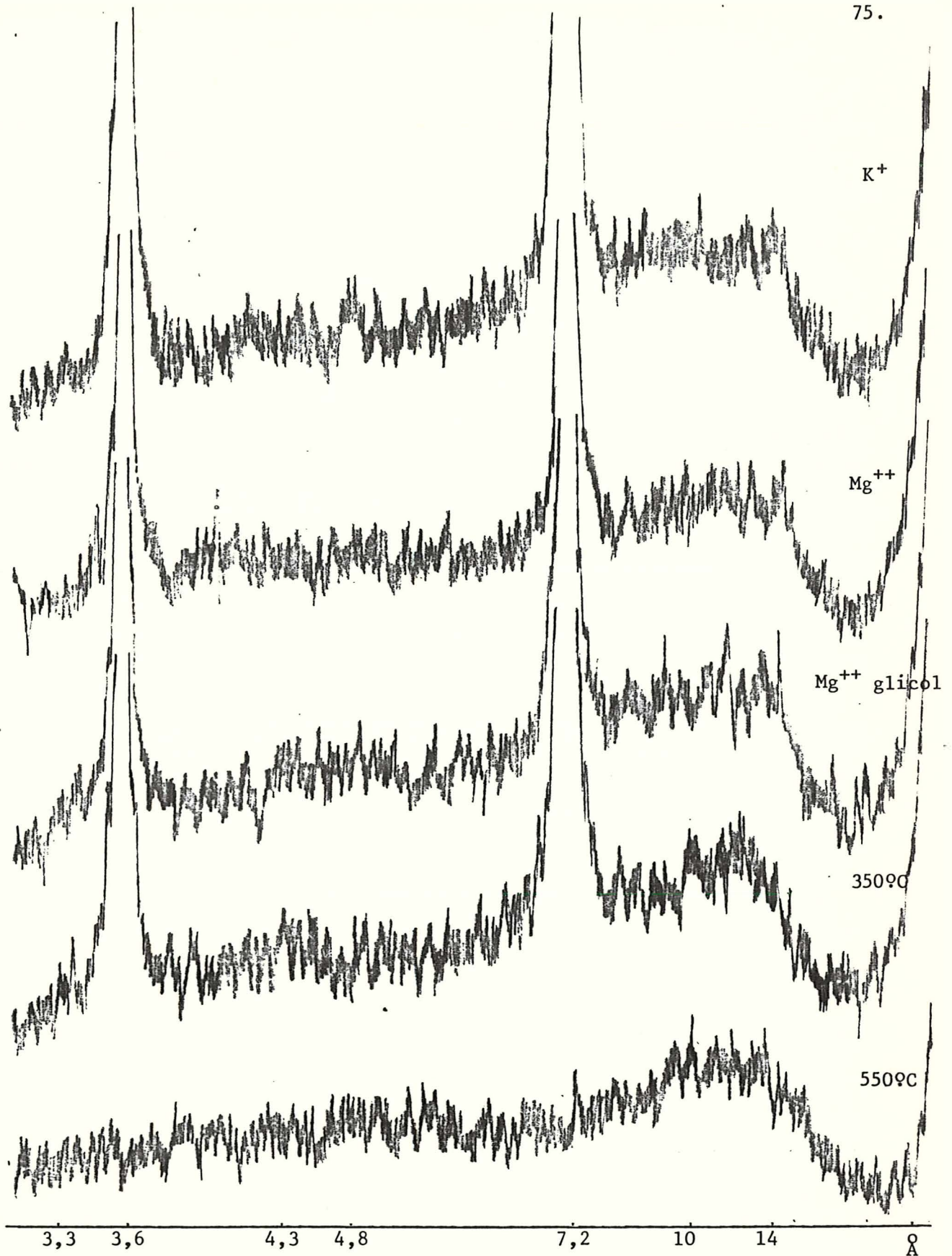


Fig. 7 - Difractogramas do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q-2, com aplicação de diversos tratamentos.

A micrografia eletrônica, Figura 8, obtida do sub-horizonte B22 do perfil Q-2, evidencia a presença quase que exclusivamente de caolinita, com placas hexagonais bem formadas e raros minerais de formas alongadas, provavelmente halloysita.

As Figuras 9 e 10, mostram os difratogramas de uma sequência do perfil Q-3, com tratamento K-saturada (25°C), e com aplicação de vários tratamentos no sub-horizonte B22, respectivamente. Observa-se também neste perfil a dominância de minerais pertencentes ao grupo da caolinita, com picos característicos nos espaçamentos 7,2 e 3,6 Å que são eliminados com o aquecimento a 550°C. A gibbsita está presente com picos característicos a 4,3 e 4,8 Å, com menos intensidade, desaparecendo com os tratamentos de aquecimento de 350 e 550°C.

A micrografia eletrônica (Figura 11) evidencia a presença de minerais hexagonais bem formados de caolinita, como também cristais mal formados, constituindo pseudo-hexágonos de caolinita, e ainda outros minerais em forma de tubos, sugerindo tratar-se do argilo-mineral halloysita. A presença de halloysita também foi constatada por MENDES (1968) em solos correlatos no Estado de São Paulo, sendo que tal afirmativa foi confirmada pelas micrografias eletrônicas. Aparecem ainda na micrografia eletrônica outros minerais, sugerindo ser do grupo da montmorilonita pelo aspecto aparentemente nebuloso, o que não foi constatado nos difratogramas pelos seus espaçamentos característicos.

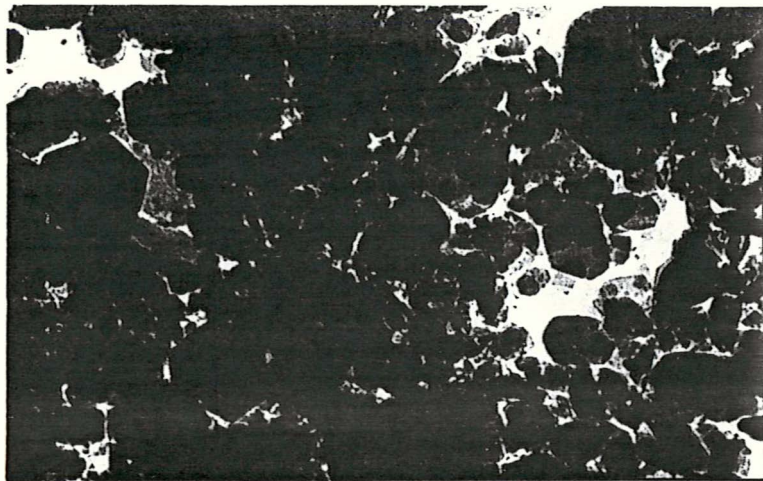


Fig. 8 - Micrografia eletrônica da argila da amostra B22 do perfil Q-2.
Aumento: 46.560

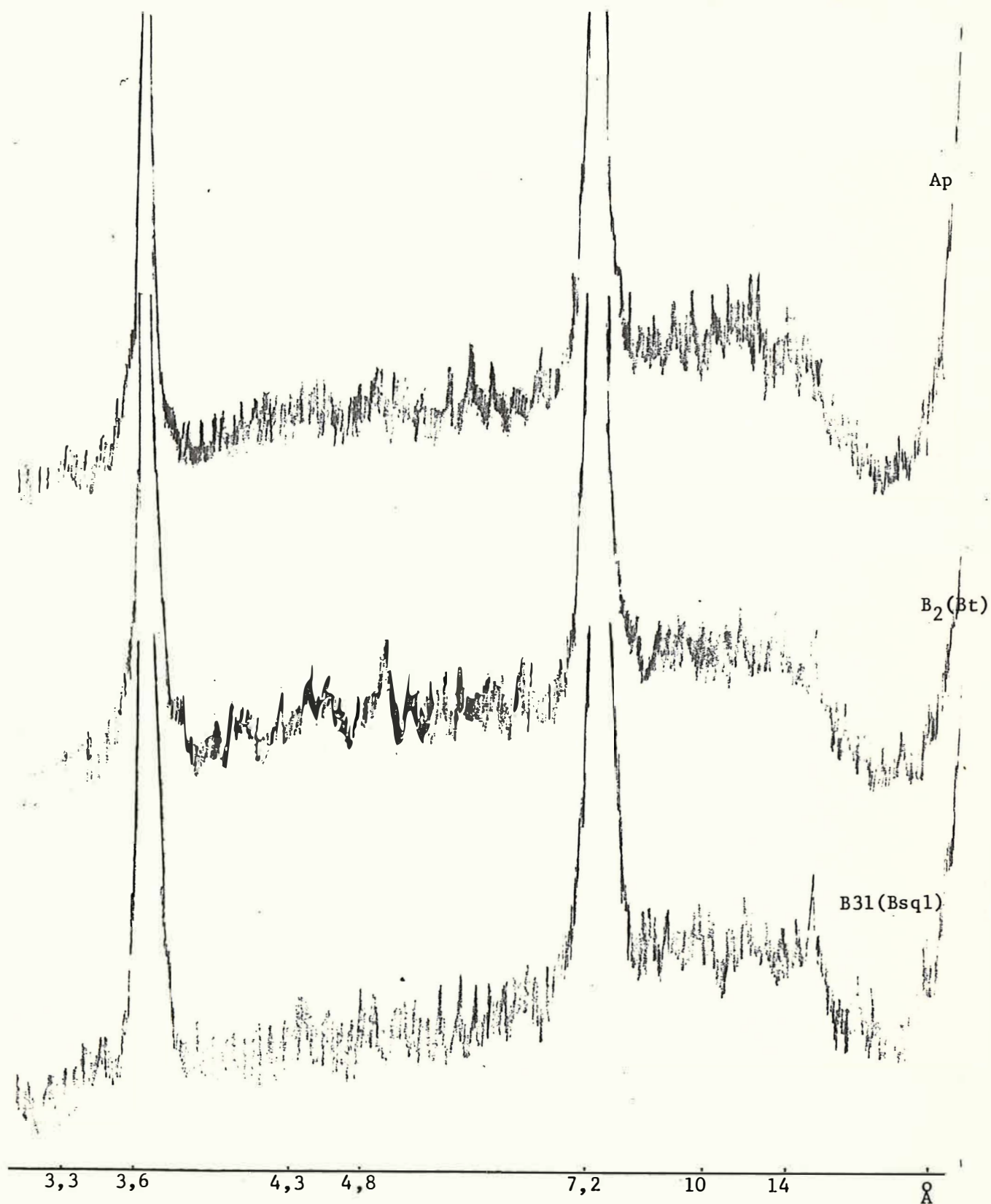


Fig. 9 - Difratoqramas de uma seqüência vertical do perfil Q-3, K-saturada (25°C) dos sub-horizontes Ap, B₂(Bt) e B₃₁(Bsqt).

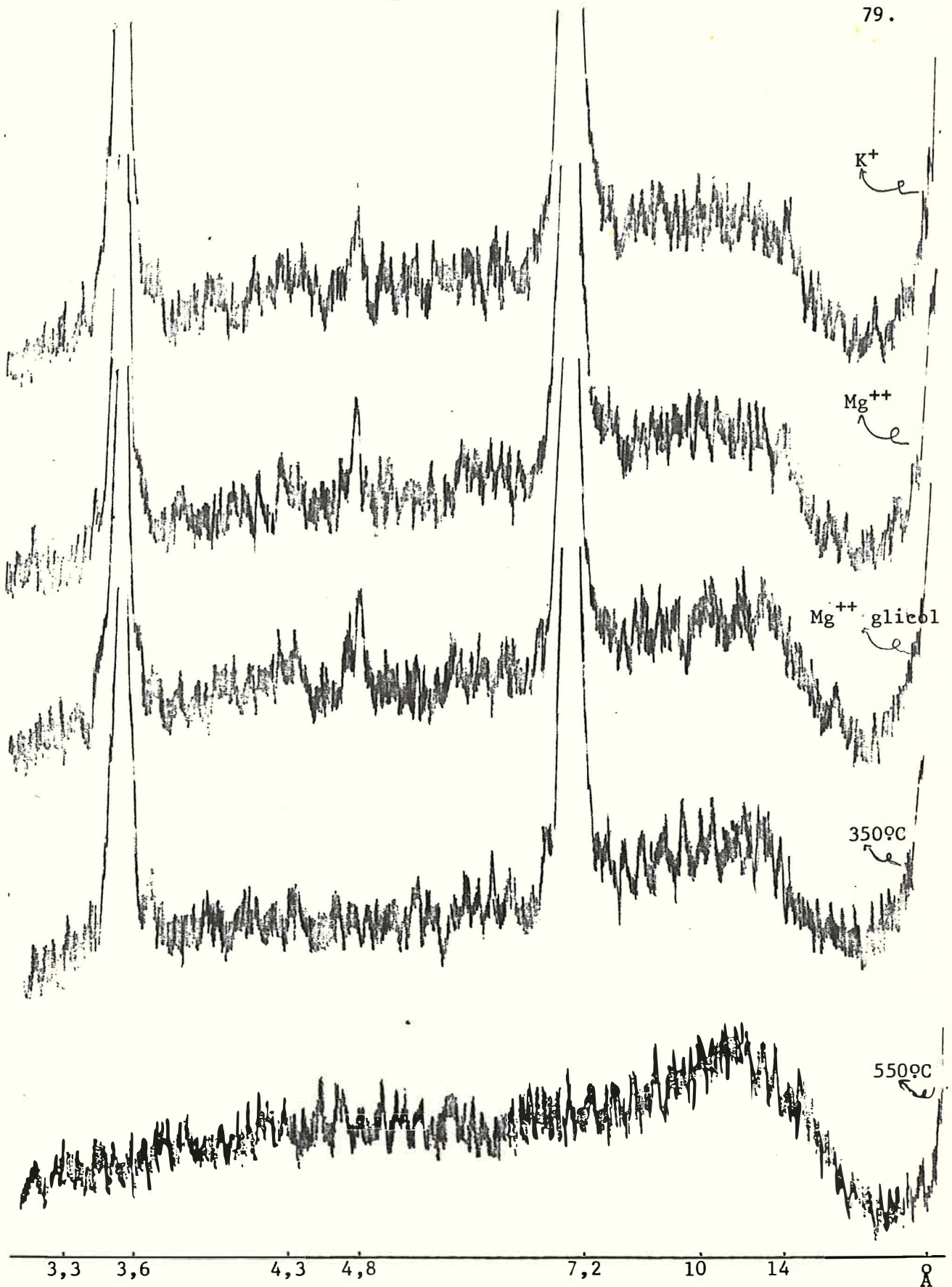


Fig. 10 - Difratoogramas do sub-horizonte B2 do perfil Q-3, com aplicação de diversos tratamentos.

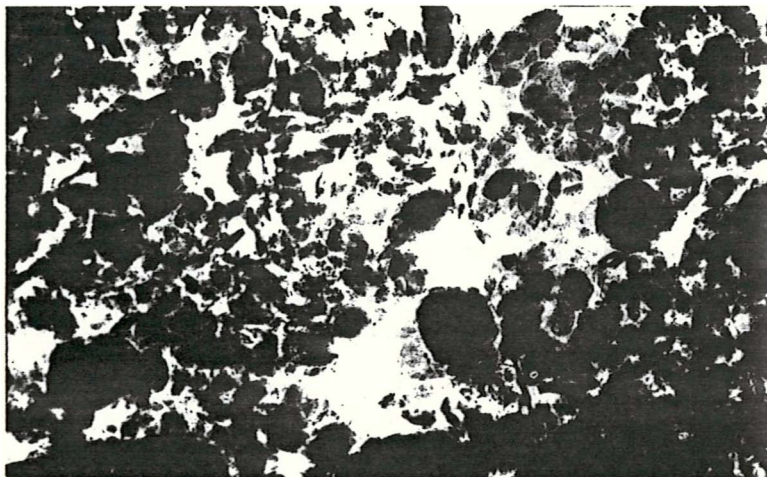


Fig. 11 - Micrografia eletrônica da argila da amostra B22 do perfil Q-3.
Aumento: 46.560 X

Nas Figuras 12 e 13 podem ser vistos os difratogramas de uma sequência vertical do perfil Q - 4 e diversos tratamentos no sub-horizonte selecionado B22 . Nota-se claramente a dominância de argilo-minerais da família caolinítica com difratogramas apresentando picos com espaçamentos basais 7,2 e 3,6 Å , de 1.^a e 2.^a ordem, respectivamente, sendo eliminados com o tratamento de 550°C .

A gibbsita também está presente nos difratogramas apresentando picos bem reduzidos nos espaçamentos basais característicos de 4,80 e 4,30 Å , sendo eliminados com o tratamento de aquecimento de 350°C . A illita ocorre em pequenas quantidades, a julgar pelos picos pequenos nos difratogramas nos espaçamentos basais de 10,5 e 3,3 Å , respectivamente 1.^a, 2.^a e 3.^a ordens, permanecendo inalteráveis com os tratamentos magnésio, magnésio glicolado, aquecimentos a 350 e 550°C .

Na Figura 14 , a micrografia eletrônica do perfil Q - 4 evidencia uma certa semelhança quanto aos minerais do perfil Q - 3 , cujos argilo-minerais tubulares, da família caolinítica, provavelmente halloysita, aparecem em maior quantidade que na micrografia do perfil Q - 2 . Ainda nesta micrografia, observa-se a caolinita em menor proporção que o perfil Q - 2 , evidenciada por formas hexagonais bem visíveis, como também pseudo-hexágonos associados possivelmente a outros minerais. Esta mesma proporção inclusive é notada nos difratogramas, a julgar pelos picos menos intensos do referido mineral nos espaçamentos basais 7,2 e 3,6 Å .

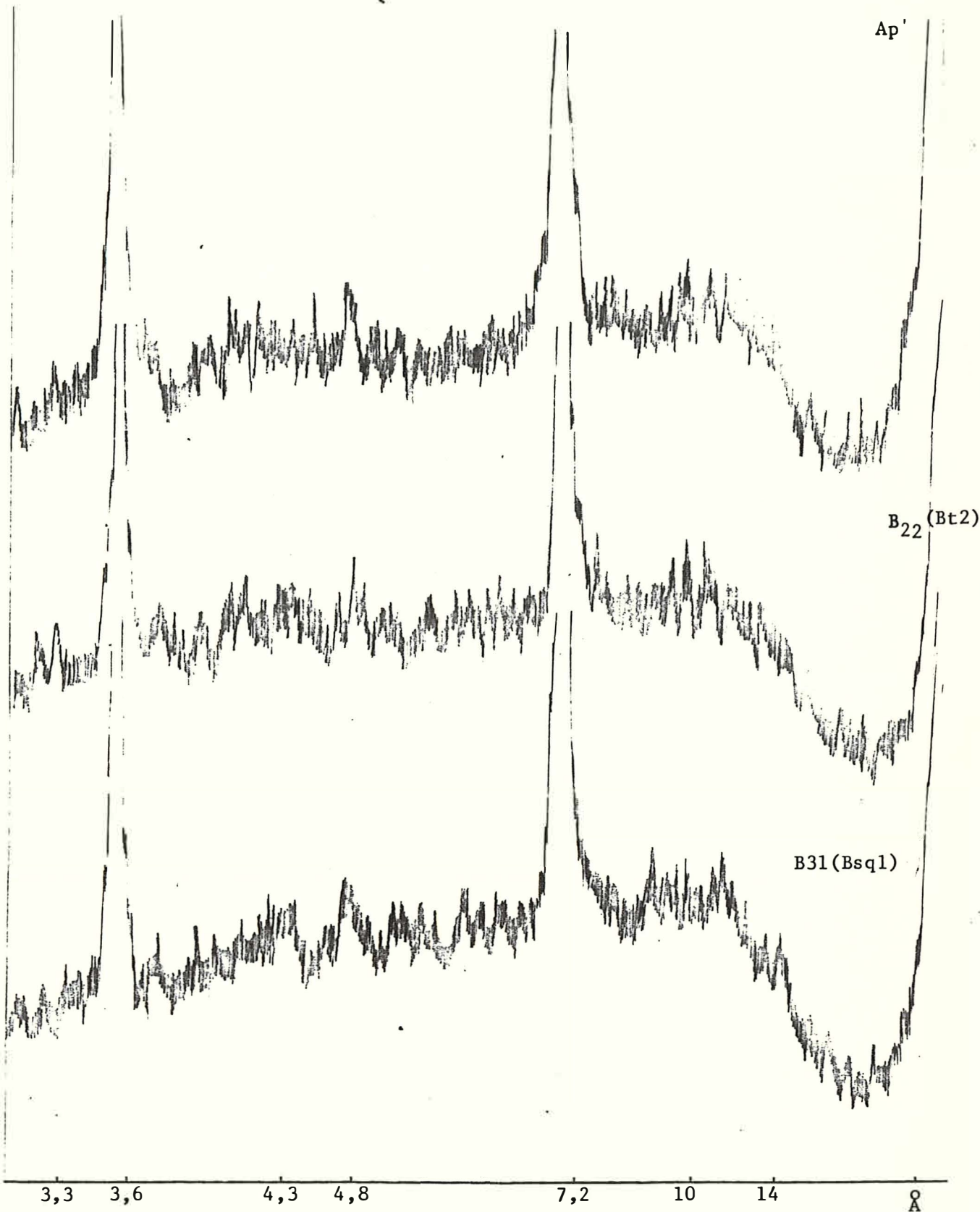


Fig. 12 - Difractogramas da seqüência vertical do perfil Q-4, K-saturada (25°C), dos sub-horizontes Ap, B₂₂(Bt2) e B₃₁(Bs1).

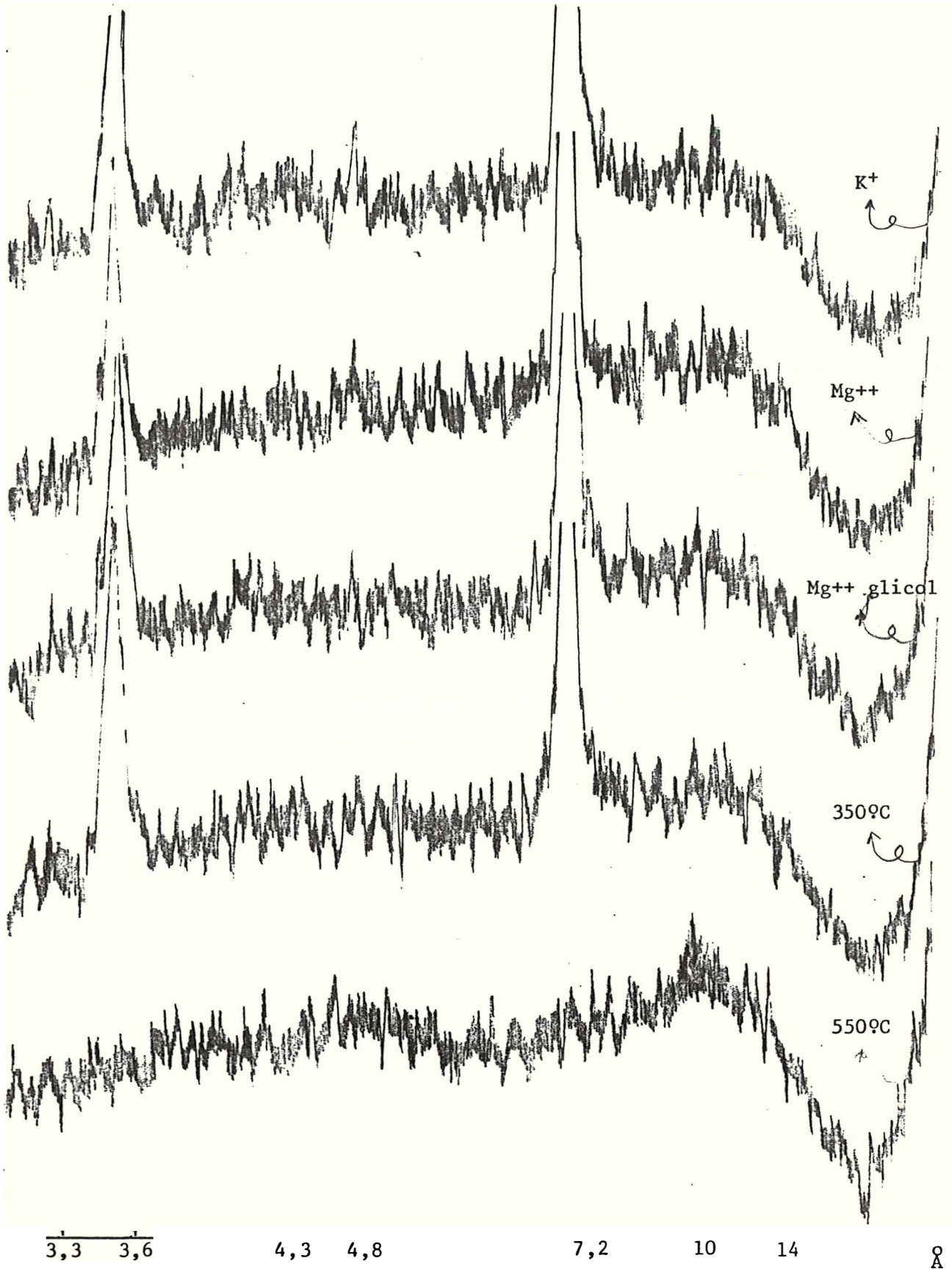


Fig. 13 Difractogramas do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q-4, com aplicação de diversos tratamentos



Fig. 14 - Micrografia eletrônica da argila da amostra B22 do perfil Q-4.
Aumento: 46.560 X

Os difratogramas mostrados nas Figuras 15 e 16 , das amostras do perfil Q-6 , evidenciam amplo domínio da caolinita, caracterizada pelos picos 7,2 e 3,6 Å , inalteráveis pelos tratamentos potássio, magnésio, magnésio glicolado, 350°C, sendo eliminado pelo aquecimento a 550°C , devido ao rompimento da rede cristalina.

Dentre os minerais expansivos, distingue-se a montmorilonita com um pico característico a 14 Å (Figura 15), K-saturada 25°C e com o tratamento da glicolagem (Figura 16) aumenta para 17 Å , havendo uma redução para 10 Å com os aquecimentos de 350 e 550°C .

A gibbsita ocorre em pequena quantidade a julgar pelos picos nos difratogramas da Figura 15 , evidentes na região de 4,80 e 4,30 Å , mais característicos nos horizontes B22 e B31(Bsq1) , sendo eliminados com os tratamentos de aquecimentos a 350 e 550°C (Figura 16) .

Na micrografia eletrônica da Figura 17 , da amostra B22(Bt2) da argila do perfil Q-6, é evidente a dominância de placas hexagonais bem formadas e reduzidas, bem como de pseudo-hexâgonos associados a minerais tubulares, provavelmente a hallosita. Outros minerais aparecem com formação de difícil identificação nos difratogramas.

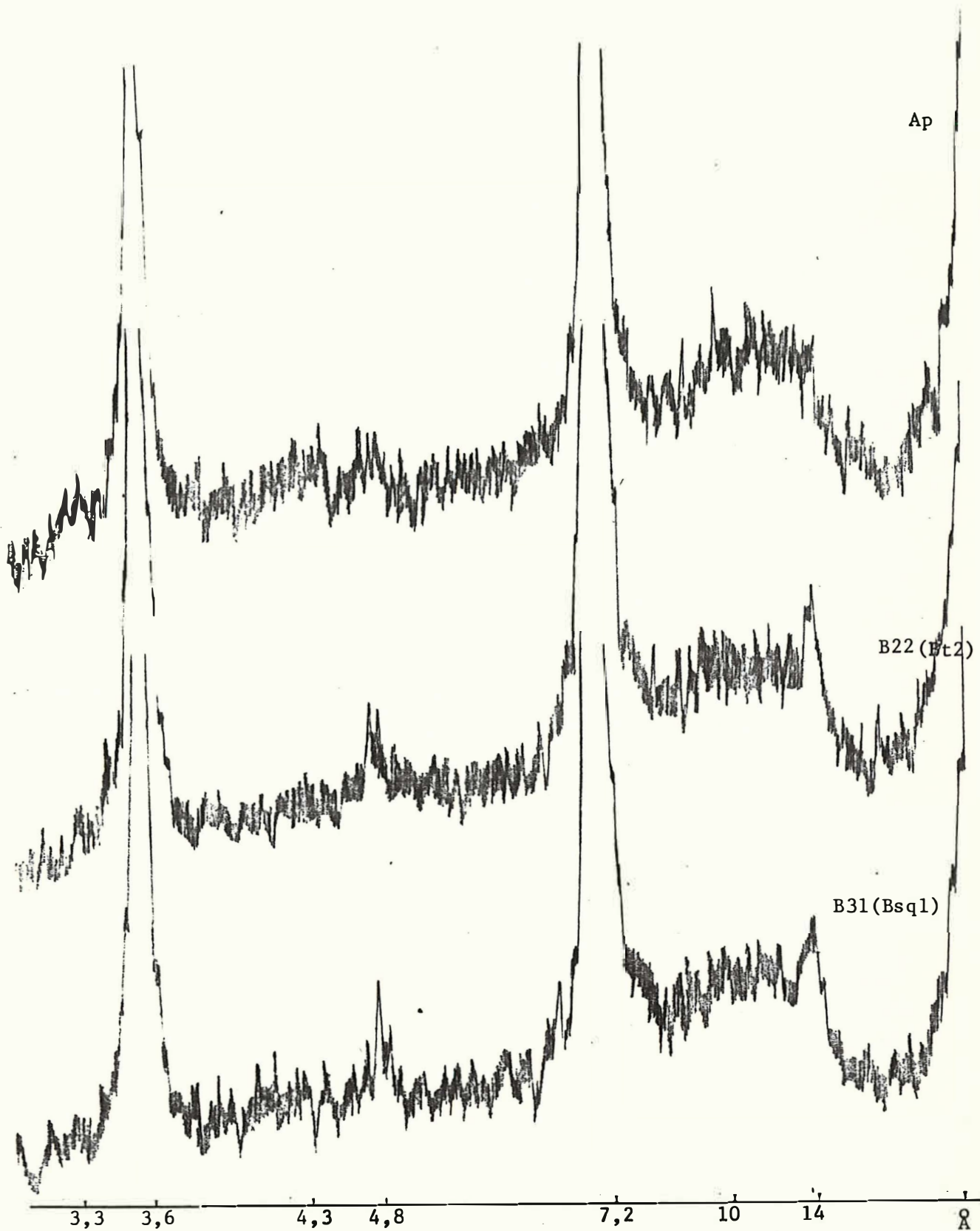


Fig. 15 - Difratoqramas da sequência vertical do perfil Q-6, K-saturada (25°C), dos sub-horizontes Ap, B22(Bt2) e B31(Bsqt1).

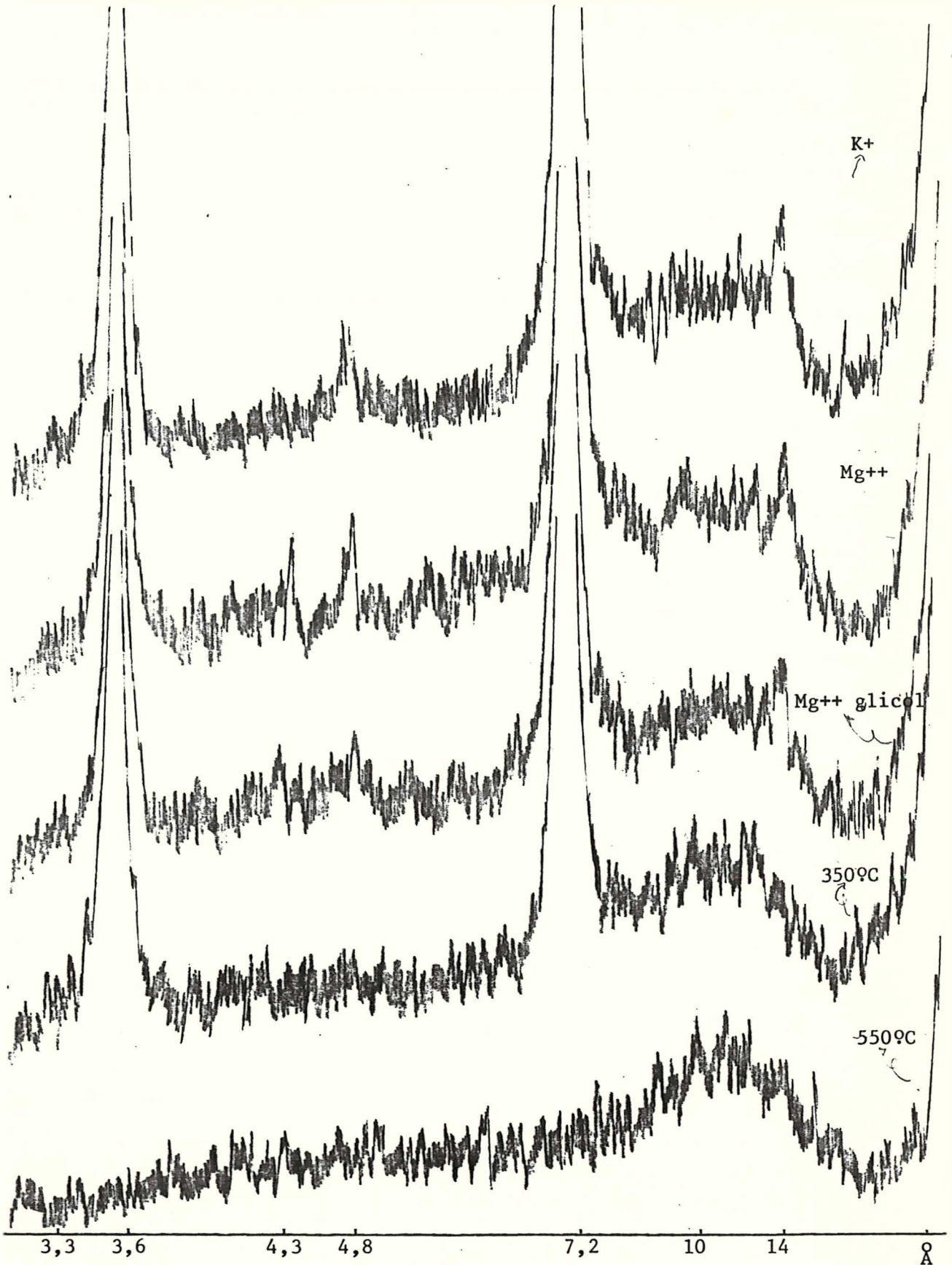


Fig. 16 - Difratoqramas do sub-horizonte B22(Bt2) do perfil Q-6 , com aplicação de diversos tratamentos.

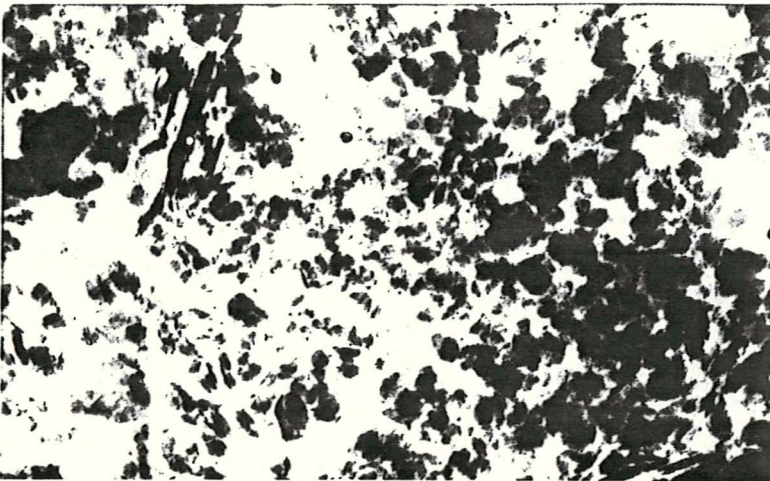


Fig. 17 - Micrografia eletrônica da argila da amostra B22 do perfil Q-6.
Aumento: 46.560 X

5.2.1.1 - Correlações da mineralogia da fração argila obtida com aquele de solos similares

Na discussão referente aos minerais de argila com base nos difratogramas dos perfis estudados, verifica-se que há uma dominância de caolinita para todos eles. A ocorrência deste argilo-mineral dominando a fração argila para solos similares foi também relatada por PAIVA NETO (1942), ENGLAND e PERKINS (1959), MONIZ e CARVALHO (1969, 1973), ANDRADE (1971), SOUZA (1971), MEDEIROS (1971), CARVALHO e MONTGOMERI (1973), CURI (1975) e PEDRO *et alii* (1976). Segundo Nalovic, 1974, citado por PEDRO *et alii* (1976), o material caolinitico provém de uma alteração rápida monossilática das rochas básicas (basálticas), sendo que no horizonte B dos referidos solos há uma pedoplasmação primária resultando em um material argiloso constituído pela caolinita, saturada com cations básicos, associada a óxidos de ferro cristalinos e amorfos. Dessa maneira a predominância da caolinita nestes solos, tem sua origem atribuída, provavelmente, à alteração direta de minerais primários do material de origem.

É evidente que nas condições de solos bem drenados, como é o caso do presente estudo, espera-se uma maior ocorrência de minerais do grupo da caolinita como também de hidróxidos e óxidos, considerados como minerais estáveis nos solos formados, VILLIERS (1965).

Assim, observa-se que nos perfis estudados a mineralogia evidencia a dominância da caolinita, o que pode ser confirmado com as micrografias eletrônicas (Figuras 7, 10, 13

16) , vindo discordar de alguns resultados obtidos para solos correlatos pela COMISSÃO DE SOLOS (1960), destacando o quartzo como o mineral dominante da fração argila (perfil nº 29 - Xavantes).

A gibbsita está presente em todos os perfis estudados, em pequenas quantidades, a julgar pelos pequenos picos mostrados nos diversos difratogramas apresentados, o que concorda com a COMISSÃO DE SOLOS (1960), para o perfil nº 29 , que apresenta proporção bem menor para este mineral em comparação com o quartzo, minerais de argila do tipo 1 : 1 e óxidos de ferro. O mesmo aconteceu com SOUZA (1971), quando encontrou quantidades reduzidas deste mineral em solos da região de Iracemópolis. Em solos similares, alguns pesquisadores encontraram a gibbsita em seus trabalhos, como COMISSÃO DE SOLOS (1962) e MONIZ e JACKSON (1967) ; outros porém, como CARVALHO e MONTGOMERY (1973) ; MEDEIROS (1971) e MONIZ e CARVALHO (1969), relataram ausência completa deste mineral em todos os horizontes dos perfis estudados.

As quantidades reduzidas da gibbsita nos solos estudados, podem ter sua origem na dessilicatação da caolinita que é o caminho mais comum e o mais citado na bibliografia , MONIZ e JACKSON (1967) , CARVALHO e MONTGOMERY (1973) , JACKSON (1948) ; entretanto tal mineral pode ter sua origem também a partir do material de origem, WOLLAST (1961), ou ainda conforme KAMPF *et alii* (1978), que sugerem a formação de materiais amorfos em todas as etapas intermediárias de alteração e subsequente recristalização. Dessa maneira, observa-se que a gibbsita pode provir diretamente dessa fase intermediária

que é o material amorfo. Assim, esse esquema proposto por KAMPF *et alii* (1978), vem diferir do modelo clássico de JACKSON (1964). Para o presente estudo podemos sugerir que a gibbsita tenha sua origem na caolinita pela perda da camada de silício, a julgar pela predominância desse argilo-mineral na fração argila de todos os perfis estudados, conforme mostram os difratogramas e micrografias eletrônicas dos sub-horizontes selecionados (Figuras de 6 a 17); ou ainda ter sua origem a partir do material amorfo, o qual não foi determinado, mas que provavelmente esteja em quantidades, num segundo plano com referência à caolinita, sendo que em qualquer situação conforme McCRAKEN *et alii* (1971), a boa drenagem com uma contínua e rápida renovação das soluções percolantes são condições importantes para a sua formação. A presença de gibbsita em todos perfis estudados, apesar de quantidades reduzidas, dá a indicação de serem solos mais evoluídos que aqueles estudados por CARVALHO e MONTGOMERY (1973), MEDEIROS (1971) e MONIZ e CARVALHO (1969), com ausência de gibbsita.

A ocorrência de montmorilonita em solos brasileiros, como é o que ocorre com os perfis Q-3 e Q-6, é mencionada por vários autores, cada um evidenciando condições específicas, sendo que para a região de Piracicaba, DEMATTÊ *et alii* (1972), afirmam que a sua presença provavelmente seja devido a herança da rocha de origem, tendo como evento fundamental as mudanças climáticas.

A ílita presente no perfil Q-4, parece ter sua origem de outros materiais que provavelmente tenham contribuído

na formação do perfil, que é muito arenoso. Observando-se os difratogramas da Figura 12, verifica-se que não há aumento desse argilo-mineral para os horizontes inferiores, contrariando a proposição de JACKSON *et alii* (1948), quando explicaram a diminuição do conteúdo de mica em superfície, ou consequentemente o seu aumento em profundidade, em direção à rocha, levando em consideração minerais com diâmetro inferior a 2μ , propondo que a intensidade do intemperismo diminui em profundidade. A constatação desse argilo-mineral mais evidenciada nos horizontes superiores, sugere sua origem de materiais possivelmente retrabalhados que estão contribuindo para o referido perfil.

A vermiculita ocorre no perfil Q-2 em quantidade muito baixas a julgar pelos reduzidos picos nos difratogramas da Figuras 6 e 7. A pequena ocorrência desse argilo-mineral de origem secundária, em tal solo, pode ser explicado pelo fato do referido solo ter se desenvolvido em clima tropical e ter boa drenagem.

Apesar da grande diferença granulométrica dos perfis Q-2 e Q-4 em relação aos demais, com maior destaque para o Q-4, verifica-se que a mineralogia da fração argila é bastante semelhante, o que pode ser constatado pelo difratogramas apresentados.

Como um dos objetivos da presente pesquisa é o estudo da gênese da série proposta, além das análises já comentadas, foi proposta também a análise mineralógica da fração grosseira com o intuito ainda mais de utilizar a razão entre os minerais e estimar a uniformidade dos solos.

5.2.2 - Análise mineralógica da fração grosseira

Nas Tabelas 10 e 11 podem ser observados os valores em porcentagem dos minerais leves e pesados, na fração areia fina "moda" dos perfis Q-1 a Q-7. Analisando os resultados dessas tabelas observa-se que os valores para a fração pesada dos perfis Q-1 e Q-3, diferem dos demais, com variações de 1,48 a 3,04%, enquanto que os perfis Q-2, Q-4, Q-5, Q-6 e Q-7 têm variações de 0,02 a 1,02%, ressaltando ainda que os perfis Q-5, Q-6 e Q-7 são muito semelhantes quanto as frações pesadas com valores bem reduzidos, com média de 0,035%. Confrontando os resultados obtidos com os encontrados por MARCONI (1969), quando trabalhou com a fração leve e pesada em seis séries de solos, situadas sobre a Formação Botucatú, verifica-se que os resultados do perfil Q-4, supostamente originando de rocha básica aproximam-se daqueles obtidos por MARCONI (1969), mesmo levando em consideração que tais séries estão situadas sobre material arenoso do Grupo São Bento. Já, tomando por base os dados obtidos por BONI (1976), para a fração leve e pesada na região de São Pedro, SP, cujos solos estudados de acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (1960) são, Regosol "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo e Regossol "intergrade" para Latossol Vermelho Amarelo, devendo ser destacado que a fração areia nestes solos é alta, verifica-se que os perfis Q-1, Q-2 e Q-3 (Tabela 10) do presente estudo, supostamente originados de rochas básicas, são muito semelhantes aos encontrados por BONI (1976). Confrontando os resultados obtidos por BAHIA (1975), de dois perfis de solos origina

TABELA 10 - Porcentagens de minerais leves e pesados na sub-fração areia fina (moda) dos perfis Q - 1 , Q - 2 e Q - 3

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Fração (%)	
			Leve	Pesada
Q - 1	Ap	0 - 31	96,96	3,04
	B21 (Bt1)	31 - 75	98,08	1,92
	B22 (Bt2)	75 - 98	98,23	1,77
	B31 (Bs q1)	98-170	97,73	2,27
	B32 (Bs q2)	170-230 +	98,32	1,68
Q - 2	Ap	0 - 10	98,98	1,02
	A & B	10 - 27	99,04	0,96
	B21 (Bt1)	27 - 61	99,21	0,79
	B22 (Bt2)	61 - 83	99,39	0,61
	B31 (Bs q1)	83-130	99,31	0,69
	B32 (Bs q2)	130-215 +	99,35	0,65
Q - 3	Ap	0 - 8	98,19	1,81
	A & B	8 - 23	98,15	1,85
	B2 (Bt)	23 - 78	98,47	1,53
	B31 (Bs q1)	78-133	98,52	1,48
	B32 (Bs q2)	133-210 +	98,36	1,64

TABELA 11 - Porcentagem de minerais leves e pesados na sub-fração areia fina (moda) dos perfis Q - 4 , Q - 5 , Q - 6 e Q - 7

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Fração (%)	
			Leve	Pesada
Q - 4	Ap	0 - 20	99,43	0,53
	A & B	20 - 41	99,41	0,59
	B21(Bt1)	41 - 92	99,51	0,49
	B22(Bt2)	92-130	99,44	0,56
	B31(Bsq1)	130-181	99,50	0,50
	B32(Bsq2)	181-215 +	99,44	0,56
Q - 5	Ap	0 - 20	99,96	0,04
	B21(Bt1)	20 - 60	99,98	0,02
	B22(Bt2)	60-100	99,97	0,03
	B23(Bt3)	100-140	99,97	0,03
	Bs(Bsq)	140-210 +	99,96	0,03
Q - 6	Ap	0 - 15	99,91	0,09
	A & B	15 - 35	99,93	0,07
	B21(Bt1)	35 - 80	99,97	0,03
	B22(Bt2)	80-122	99,97	0,03
	B31(Bsq1)	122-176	99,96	0,04
	B32(Bsq2)	176-212 +	99,96	0,04
Q - 7	Ap	0 - 25	99,97	0,03
	B21(Bt1)	25 - 72	99,98	0,02
	B22(Bt2)	72-120	99,95	0,05
	B31(Bsq1)	120-161	99,98	0,02
	B32(Bsq2)	161-210 +	99,98	0,02

dos de rochas básicas no município de Lavras, MG quanto às frações leve e pesada, verifica-se que a média encontrada por este autor para a fração pesada é 5,0 e 5,8% respectivamente para os perfis 1 e 2 , o que discorda com os resultados obtidos no presente trabalho, cujas médias são bem inferiores, e que de acordo com RANZANI *et alii* (1966) tais solos são provavelmente originados de rochas básicas.

A sub-fração areia fina, (moda), para todos os perfis no presente trabalho, apresenta na fração leve, alta porcentagem de quartzo, sendo que no exame ao microscópio, os grãos mostram formas arredondadas, sugerindo que houve transporte desse material.

Os dados apresentados por RUEGG (1975) para SiO_2 na Bacia do Paraná, com especial atenção para a região de Piracicaba, SP, com algumas análises feitas, mostram que nesta região a média de SiO_2 para rochas basálticas é de 50,5% (Figura 18), sendo classificada portanto como rochas básicas (52 a 45% de SiO_2), e que de acordo com LEINZ e AMARAL (1978), o quartzo deve estar ausente, o que não acontece com os resultados do presente trabalho onde a quantidade de quartzo é elevada.

MELFI *et alii* (1966), quando trabalharam numa área onde ocorre um "sill" de diabásio mesozóico intrusivo em rochas sedimentares carboníferas de origem glacial, encontraram uma diferença marcante entre solos originados de diabásio, daqueles provenientes das rochas sedimentares glaciais, com base nos minerais leves e pesados. Assim, propuseram que nos solos de rochas sedimentares glaciais, a quantidade de mine-

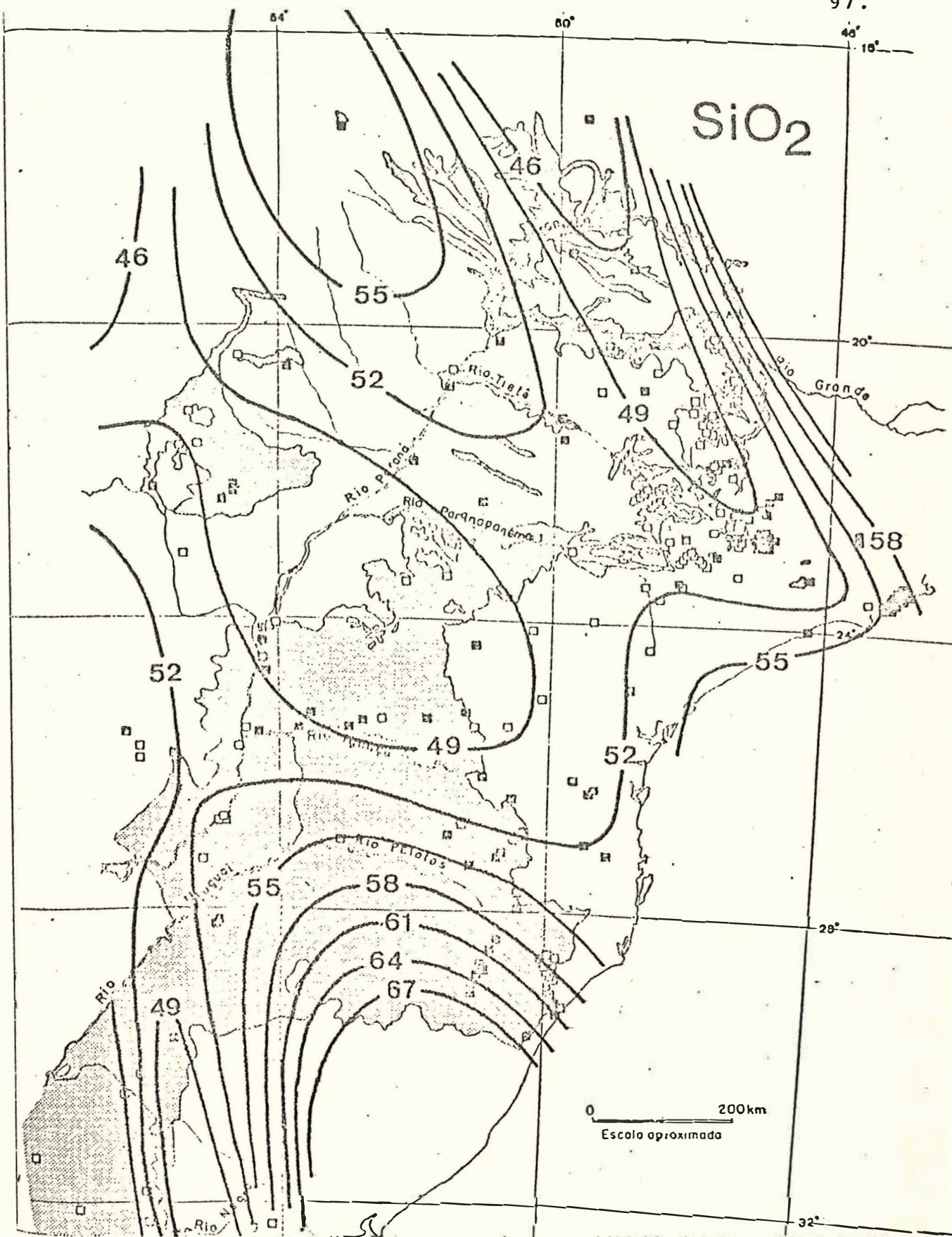


Fig. 18 - Variação regional da concentração de SiO_2 das rochas basálticas da Bacia do Paraná. Os números expressam porcentagem em peso. (RUEGG, 1975).

rais leves ultrapassa nitidamente a dos pesados, enquanto que nos originados de rochas básicas (diabásio), a quantidade de minerais pesados mostra equilíbrio com a dos leves. Observa-se dessa maneira que os resultados obtidos no presente estudo para todos os perfis, cujo material de origem é supostamente o diabásio, RANZANI *et alii* (1966), difere bastante daqueles encontrados por MELFI *et alii* (1966).

5.2.2.1 - Uso do microscópio polarizante

Numa análise geral dos minerais pesados na sub-fração 250 - 100 μ , contidos nas Tabelas de 12 a 18, verifica-se que os valores para minerais opacos predominam em todos os perfis, sendo os valores limites em média de 73,5 a 83,9%, respectivamente perfis Q-4 e Q-5. Entre os opacos houve predominância da magnetita estando num segundo plano a ilmenita. O trabalho da COMISSÃO DE SOLOS (1960), vem confirmar essa predominância de magnetita em Terra Roxa Estruturada do município de Barra Bonita, mas deve ser ressaltado que o conteúdo de quartzo (cerca de 10%) discorda com os valores encontrados no presente trabalho, os quais são superiores. Quanto aos minerais pesados transparentes há uma dominância alternada entre estaurolita, zirconita e turmalina, sendo que a zirconita predomina nos perfis Q-1, Q-2 e Q-3, a turmalina os perfis Q-4, Q-5 e Q-6 e, a estaurolina no perfil Q-7. Os minerais pesados transparentes, tais como, rutilo e silimanita, apresentam valores que não se destacam em comparação aos primeiros

TABELA 12 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-1

Minerais		Horizontes				
		Ap	B21(Bt1)	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estaurolina	Nº	21	61	18	15	18
	%	7,00	5,33	6,00	5,24	6,00
Zirconita	Nº	25	23	29	28	25
	%	8,33	7,66	9,66	9,33	8,33
Rutilo	Nº	5	3	6	5	9
	%	1,67	1,00	2,00	1,66	3,00
Silimanita	Nº	4	2	1	6	3
	%	1,33	0,66	0,33	2,00	1,00
Turmalina	Nº	24	19	25	16	23
	%	8,00	6,33	8,33	5,33	7,66
Cianita	Nº	9	3	1	2	-
	%	3,00	1,00	0,33	0,66	-
Apatita	Nº	-	-	-	1	-
	%	-	-	-	0,33	-
Titanita	Nº	1	-	-	-	-
	%	0,33	-	-	-	-
Opacos	Nº	211	234	220	227	222
	%	70,34	78,02	73,35	75,45	94,01
Nº total de grãos		300	300	300	300	300

(*) B31(Bs_{q1})

(**) B32(Bs_{q2})

TABELA 13 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-2

Minerais		Horizontes					
		Ap	A & B	B21(Bt1)	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estauroлита	Nº	16	21	100	22	24	22
	%	5,33	7,00	3,33	7,33	8,00	7,33
Zirconita	Nº	24	24	33	24	21	25
	%	8,00	8,00	11,00	8,00	7,00	8,33
Rutilo	Nº	3	3	5	2	3	7
	%	1,00	1,00	1,67	0,67	1,00	2,33
Silimanita	Nº	4	5	4	4	5	4
	%	1,33	1,66	1,33	1,33	1,66	1,33
Turmalina	Nº	24	20	23	24	22	22
	%	8,00	6,66	7,67	8,00	7,33	7,33
Cianita	Nº	1	3	1	1	1	-
	%	0,33	0,66	0,33	0,33	0,33	-
Hornblenda	Nº	-	-	-	-	1	1
	%	-	-	-	-	0,33	0,33
Apatita	Nº	-	-	1	-	-	-
	%	-	-	0,33	-	-	-
Titanita	Nº	-	-	-	1	-	-
	%	-	-	-	0,30	-	-
Opacos	Nº	228	225	223	222	223	219
	%	76,01	75,02	74,34	74,01	74,34	73,00
Nº total de grãos		300	300	300	300	300	300

(*) B31(Bsq-1)

(**) B32(Bsq-2)

TABELA 14 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-3

Minerais		Horizontes				
		Ap	A & B	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estauroлита	Nº	9	8	7	8	6
	%	3,00	2,67	2,33	2,66	2,00
Zirconita	Nº	38	26	22	21	33
	%	12,67	8,67	7,00	7,33	11,00
Rutilo	Nº	5	3	2	4	4
	%	1,67	1,00	0,67	1,33	1,33
Silimanita	Nº	9	13	17	12	11
	%	3,00	4,33	5,67	4,00	3,66
Turmalina	Nº	14	15	17	17	19
	%	4,67	5,00	5,67	5,66	6,33
Cianita	Nº	1	-	-	-	-
	%	0,33	-	-	-	-
Hornblenda	Nº	1	-	1	-	1
	%	0,33	-	0,33	-	0,33
Apatita	Nº	-	1	1	1	-
	%	-	0,33	0,33	0,33	-
Titanita	Nº	-	-	-	1	-
	%	-	-	-	0,33	-
Opacos	Nº	223	234	234	235	226
	%	74,33	77,98	78,00	78,33	76,33
Nº total de grãos		300	300	300	300	300

(*) B31(Bsq1)

(**) B32(Bsq2)

TABELA 15 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-4

Minerais		Horizontes					
		Ap	A & B	B21(Bt1)	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estauroлита	Nº	29	22	30	16	19	19
	%	9,66	7,59	10,00	5,62	6,33	6,33
Zirconita	Nº	15	20	16	31	19	23
	%	5,00	6,66	5,33	10,33	6,33	7,66
Rutilo	Nº	4	3	2	5	3	5
	%	1,33	1,00	0,66	1,66	1,00	1,66
Silimanita	Nº	2	2	1	2	-	1
	%	0,66	0,66	0,33	0,66	-	0,33
Turmalina	Nº	34	29	24	31	31	34
	%	11,00	9,66	8,00	10,33	10,33	11,33
Cianita	Nº	-	-	1	-	-	-
	%	-	-	0,33	-	-	-
Apatita	Nº	-	1	1	-	-	-
	%	-	0,33	0,33	-	-	-
Titanita	Nº	-	-	1	-	-	-
	%	-	-	0,33	-	-	-
Opacos	Nº	216	223	224	215	228	218
	%	72,36	74,10	74,69	71,40	76,01	72,69
Nº total de grãos		300	300	300	300	300	300

(*) B31(Bsq1)

(**) B32(Bsq2)

TABELA 16 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-5

Minerais	Horizontes					
		Ap	B21(Bt1)	B22(Bt2)	B23(Bt3)	B3(Bsqt)
Estauroлита	Nº	13	10	12	24	24
	%	4,33	3,33	4,00	8,00	8,00
Zirconita	Nº	4	7	2	12	11
	%	1,33	2,33	0,66	4,00	3,66
Rutilo	Nº	1	1	-	-	2
	%	0,33	0,33	-	-	0,66
Silimanita	Nº	1	1	2	2	7
	%	0,33	0,33	0,66	0,66	2,33
Turmalina	Nº	11	7	10	34	40
	%	3,66	2,33	3,33	11,33	13,33
Cianita	Nº	1	-	-	-	-
	%	0,33	-	-	-	-
Apatita	Nº	-	1	1	-	-
	%	-	0,33	0,33	-	-
Opacos	Nº	269	273	273	228	216
	%	89,69	91,02	91,02	76,01	72,02
Nº total de grãos		300	300	300	300	300

TABELA 17 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-6

Minerais		Horizontes					
		Ap	A & B	B21(Bt1)	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estauroлита	Nº	18	19	15	21	7	13
	%	6,00	6,33	5,00	7,00	2,33	4,33
Zirconita	Nº	17	13	4	10	4	8
	%	5,66	4,33	1,33	3,33	1,33	2,66
Rutilo	Nº	1	1	1	2	1	1
	%	0,33	0,33	0,33	0,66	0,33	0,33
Silimanita	Nº	3	2	2	2	1	1
	%	1,00	0,66	0,66	0,66	0,33	0,33
Turmalita	Nº	24	26	21	32	11	20
	%	8,00	8,66	7,00	10,66	3,66	6,66
Cianita	Nº	1	-	-	-	-	-
	%	0,33	-	-	-	-	-
Apatita	Nº	2	-	-	-	-	-
	%	0,66	-	-	-	-	-
Titanita	Nº	2	2	-	-	-	-
	%	0,66	0,66	-	-	-	-
Opacos	Nº	232	237	257	233	276	257
	%	77,36	79,03	85,68	77,69	92,02	85,69
Nº total de grãos		300	300	300	300	300	300

(*) B31(Bsq1)

(**) B32(Bsq2)

TABELA 18 - Frequências e porcentagens de minerais pesados na sub-fração areia fina do perfil Q-7

Minerais		Horizontes				
		Ap	B21(Bt1)	B22(Bt2)	(*)	(**)
Estauroлита	Nº	10	24	46	46	13
	%	3,33	8,00	15,33	15,33	4,33
Zirconita	Nº	3	3	20	19	8
	%	1,00	1,00	6,66	6,33	2,66
Rutilo	Nº	1	1	5	3	1
	%	0,33	0,33	1,66	1,00	0,33
Silimanita	Nº	1	3	-	1	-
	%	0,33	1,00	-	0,33	-
Turmalina	Nº	11	15	44	25	18
	%	3,66	5,00	14,66	8,33	6,00
Cianita	Nº	1	-	-	-	-
	%	0,33	-	-	-	-
Hornblenda	Nº	-	1	-	-	-
	%	-	0,33	-	-	-
Titanita	Nº	-	-	-	1	-
	%	-	-	-	0,33	-
Opacos	Nº	273	253	185	205	260
	%	91,35	84,34	61,69	68,35	86,68
Nº total de grãos		300	300	300	300	300

(*) B31(Bsq1)

(**) B32(Bsq2)

citados, sendo que a cianita, hornblenda, apatita e titanita, estão presentes apenas em quantidades diminutas, não ocorrendo em alguns horizontes ou mesmo em alguns perfis.

Entre os principais minerais pesados transparentes encontrados, o que mais variou foi a zirconita, com uma queda muito grande nos perfis Q-5 , Q-6 e Q-7 , com aumento da estauroлита.

A presença desses minerais pesados transparentes sobressaindo sobre os demais, principalmente levando em consideração que a turmalina está presente sempre de forma arredondada, e a zirconita e rutilo com um menor grau de arredondamento, sugere ser o material um sedimento retrabalhado, usando as afirmativas de PETTIJOHN (1949) e HEINRICH (1956), e ainda deve-se ressaltar que a presença da zirconita está ligada a rochas de alto grau de metamorfismo e/ou rochas magmáticas ácidas ; já a presença do rutilo está ligada a rochas magmáticas básicas, sendo que a presença da estauroлита pode indicar que o material foi proveniente de metamorfismo de alto grau: material xistoso e gnaiss. Ainda considerando a presença destacante desses minerais pesados e transparentes em todos os perfis estudados, e levando em consideração as categorias da distribuição geológica proposta por MITCHELL (1975), observa-se que a zirconita por ser enquadrada nos grupos II , VI e VII , Tabela 2 .

O que chama atenção nas afirmativas de PETTIJOHN (1949), HEINRICH (1956) e MITCHELL (1975) é que não se observa a presença da zirconita em rochas básicas, mas o trabalho

de RUEGG (1975), estudando rochas basálticas da Bacia do Paraná, com análises realizadas para zircônio, inclusive com amostragem no município de Piracicaba, revelam uma variação regional da concentração deste mineral (Figura 19), com uma média de 250 ppm. Dessa maneira, se compararmos tal resultado com as proposições de PETTIJOHN (1949), HENRICH (1956) e MITCHELL (1975), pode-se deduzir que essa concentração de zircônio foi devida a outros minerais presentes na rocha básica, que não a zirconita. No presente trabalho observa-se que a zirconita tem frequência variada, mas esta faz parte de todos os horizontes dos perfis estudados, sendo que os perfis Q-5, Q-6 e Q-7 a ocorrência é praticamente desprezível, levando em consideração os valores muito baixos da fração pesada (Tabela 11).

5.2.2.2 - Uso da fluorescência de raios X

Este assunto foi relacionado com o objetivo de uma comparação entre a determinação dos minerais pesados pelo método tradicional de contagem dos minerais através do microscópio polarizante e a técnica da fluorescência de raios X, empregada para determinação de elementos traços.

A bibliografia no Brasil usando o método de fluorescência em solos é escassa, destacando-se DEMATTÊ *et alii* (1978) quando estudaram o zircônio e titânio nas sub-frações areia fina e muito fina, tomadas em conjunto, com o intuito de detec-

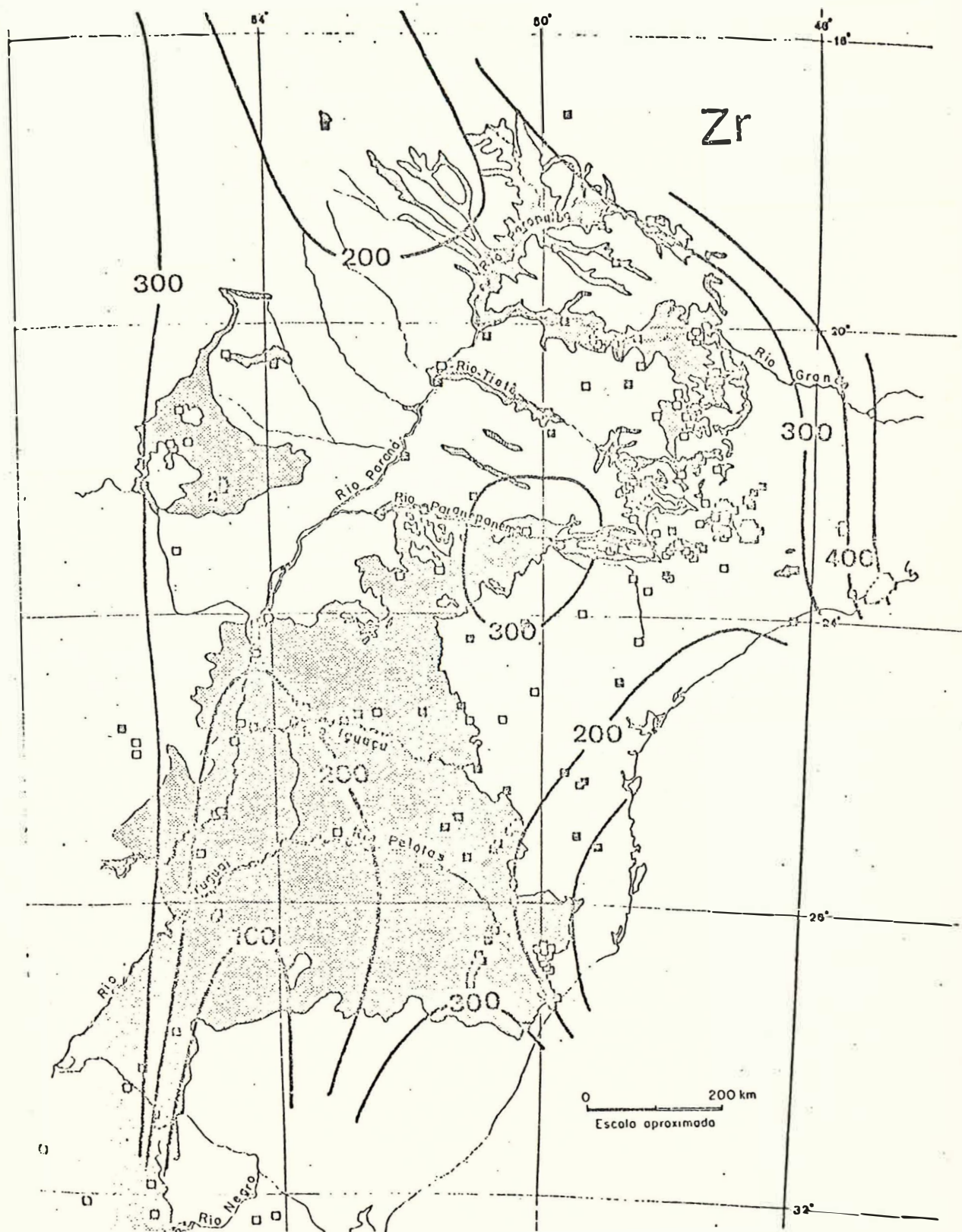


Fig. 19 - Variação regional da concentração de zircônio nas rochas basálticas da Bacia do Paraná. RUEGG (1975).

tar a uniformidade do material de origem na região de São Pedro, SP.

Os resultados para zircônio e titânio nas sub-frações areia fina e areia muito fina, bem como na fração silte, obtidos através da fluorescência de raios X, para os perfis Q-1 a Q-7, podem ser observados nas Tabelas 19 a 24. As Figuras 20 e 21, mostram os padrões utilizados para os dois elementos traços citados. As Figuras 22 a 27 evidenciam as características das retas obtidas através dos padrões para os mesmos elementos, utilizadas para as sub-frações areia fina, muito fina e fração silte. As Figuras 28 e 29, mostram as variações dos elementos Zr e Ti nas sub-frações areia fina, muito fina e fração silte de horizontes e perfil (Q-1) selecionados.

Considerando-se as Tabelas 19 a 22, é importante ressaltar a nitidez do aumento do zircônio e titânio com a diminuição do tamanho da partícula para todos os perfis estudados, sendo que o aumento para Ti é mais pronunciado que para Zr, evidenciando sua maior alteração pelo intemperismo. Vários foram os cientistas, CHAPMAN e HORN (1968), KHAN (1959), BREWER (1955), FANNING e JACKSON (1967), DEMATTE (1978), que estudaram a uniformidade de solos com base nos índices de estabilidade desses elementos. Deve ser ressaltado que o conteúdo de Zr, principalmente na sub-fração areia muito fina e fração silte de todos os perfis, apresenta uma uniformidade de dados, bem mais nítida, que para a fração areia fina cujos valores variam bastante, dando uma indicação de descontinuidade

TABELA 19 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia fina (250 - 100 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 250 - 100 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/Zr Relação
Q - 1	Ap	0 - 31	0,031	3,33	107
	B21 (Bt1)	31 - 75	0,018	2,36	112
	B22 (Bt2)	75 - 98	0,038	2,96	78
	B31 (Bsqa1)	98-170	0,031	2,82	91
	B32 (Bsqa2)	170-230 +	0,033	2,73	83
Q - 2	Ap	0 - 10	0-017	0,52	31
	A & B	10 - 27	0,028	0,70	25
	B21 (Bt1)	27 - 61	0,008	0,42	53
	B22 (Bt2)	61 - 83	0,011	0,34	51
	B31 (Bsqa1)	83-130	0,013	0,48	37
	B32 (Bsqa2)	130-215 +	0,032	1,24	39
Q - 3	Ap	0 - 8	0,043	4,51	105
	A & B	8 - 23	0,036	3,63	101
	B2 (Bt)	23 - 78	0,033	2,76	84
	B31 (Bsqa1)	78-133	0,032	2,27	71
	B32 (Bsqa2)	133-210 +	0,035	2,78	79
Q - 4	Ap	0 - 20	0,015	0,55	37
	A & B	20 - 41	0,013	0,35	27
	B21 (Bt1)	41 - 92	0,011	0,29	26
	B22 (Bt2)	92-130	0,006	0,31	52
	B31 (Bsqa1)	130-181	0,028	0,93	33
	B32 (Bsqa2)	181-215 +	0,020	0,45	23

TABELA 20 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia fina (250 - 100 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 250 - 100 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/Zr Relação
Q - 5	Ap	0 - 20	0,008	0,10	13
	B21(Bt1)	20 - 60	0,007	0,09	13
	B22(Bt2)	60-100	0,015	0,14	10
	B23(Bt3)	100-140	0,020	0,18	9
	B3(Bsq1)	140-210 +	0,015	0,17	11
Q - 6	Ap	0 - 15	0,011	0,45	41
	A & B	15 - 35	0,011	0,35	32
	B21(Bt1)	35 - 80	0,011	0,60	55
	B22(Bt2)	80-122	0,013	0,72	55
	B31(Bsq1)	122-176	0,015	0,84	56
	B32(Bsq2)	176-212 +	0,008	0,43	54
Q - 7	Ap	0 - 25	-	0,17	-
	B21(Bt1)	25 - 72	0,008	0,09	11
	B22(Bt2)	72-120	0,008	0,13	16
	B31(Bsq1)	120-161	0,011	0,18	16
	B32(Bsq2)	161-210 +	0,009	0,16	16

TABELA 21 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia muito fina (100 - 50 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 100 - 50 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/Zr Relação
Q - 1	Ap	0 - 31	0,087	6,21	71
	B21(Bt1)	31 - 75	0,087	5,90	68
	B22(Bt2)	75 - 98	0,067	3,88	58
	B31(Bsq1)	98-170	0,073	4,18	57
	B32(Bsq2)	170-230 +	0,071	4,26	60
Q - 2	Ap	0 - 10	0,084	2,04	24
	A & B	10 - 27	0,073	1,42	20
	B21(Bt1)	27 - 61	0,076	2,13	28
	B22(Bt2)	61 - 83	0,080	2,51	31
	B31(Bsq1)	83-130	0,089	3,01	34
	B32(Bsq2)	130-215 +	0,093	2,32	25
Q - 3	Ap	0 - 8	0,096	6,52	68
	A & B	8 - 23	0,098	6,66	68
	B2(Bt)	23 - 78	0,087	6,45	74
	B31(Bsq1)	78-133	0,067	5,49	82
	B32(Bsq2)	133-210 +	0,076	4,88	64
Q - 4	Ap	0 - 20	0,067	1,14	17
	A & B	20 - 41	0,074	1,18	16
	B21(Bt1)	41 - 92	0,062	1,04	17
	B22(Bt2)	92-130	0,067	0,87	13
	B31(Bsq1)	130-181	0,071	1,10	15
	B32(Bsq2)	181-215 +	0,053	0,79	15

TABELA 22 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na sub-fração areia muito fina (100 - 50 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 100 - 50 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/Zr Relação
Q - 5	Ap	0 - 20	0,049	0,22	5
	B21(Bt1)	20 - 60	0,051	0,26	5
	B22(Bt2)	60-100	0,058	0,40	7
	B23(Bt3)	100-140	0,060	0,33	6
	B3(Bsq1)	140-210 +	0,069	0,42	6
Q - 6	Ap	0 - 15	0,056	0,80	14
	A & B	15 - 35	0,056	0,81	15
	B21(Bt1)	35 - 80	0,065	0,99	15
	B22(Bt2)	80-122	0,056	0,98	18
	B31(Bsq1)	122-176	0,049	0,90	18
	B32(Bsq2)	176-212 +	0,053	0,87	16
Q - 7	Ap	0 - 25	0,053	0,32	6
	B21(Bt1)	25 - 72	0,082	0,27	3
	B22(Bt2)	72-120	0,073	0,23	3
	B31(Bsq1)	120-161	0,071	0,26	4
	B32(Bsq2)	161-210 +	0,067	0,30	5

TABELA 23 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na fração silte (2 - 50 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 2 - 50 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/zr Relação
Q - 1	Ap	0 - 31	0,074	3,60	49
	B21(Bt1)	31 - 75	0,079	4,27	54
	B22(Bt2)	75 - 98	0,077	4,32	56
	B31(Bsq1)	98-170	0,070	4,12	59
	B32(Bsq2)	170-230 +	0,080	4,29	54
Q - 2	Ap	0 - 10	0,083	2,40	29
	A & B	10 - 27	0,082	2,43	29
	B21(Bt1)	27 - 61	0,096	2,68	28
	B22(Bt2)	61 - 83	0,090	2,74	30
	B31(Bsq1)	83-130	0,091	2,68	30
	B32(Bsq2)	130-215 +	0,090	2,40	30
Q - 3	Ap	0 - 8	0,076	4,51	59
	A & B	8 - 23	0,080	4,71	59
	B2(Bt)	23 - 78	0,110	6,33	58
	B31(Bsq1)	78-133	0,127	7,28	57
	B32(Bsq2)	133-210 +	0,127	7,02	55
Q - 4	Ap	0 - 20	0,100	2,64	26
	A & B	20 - 41	0,110	2,76	25
	B21(Bt1)	41 - 92	0,137	3,07	22
	B22(Bt2)	92-130	0,124	3,23	26
	B31(Bsq1)	130-181	0,121	3,16	26
	B32(Bsq2)	181-215 +	0,124	3,15	25

TABELA 24 - Conteúdo de Zr e Ti e relação Ti/Zr na fração silte (2 - 50 μ) dos perfis

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Sub-fração 2 - 50 μ		
			Zr %	Ti %	Ti/Zr Relação
Q - 5	Ap	0 - 20	0,087	1,90	22
	B21(Bt1)	20 - 60	0,089	2,01	23
	B22(Bt2)	60-100	0,096	2,32	24
	B23(Bt3)	100-140	0,101	2,40	24
	B3(Bsq1)	140-210 +	0,106	2,33	22
Q - 6	Ap	0 - 15	0,063	3,95	63
	A & B	15 - 35	0,071	4,20	59
	B21(Bt1)	35 - 80	0,067	4,04	60
	B22(Bt2)	80-122	0,071	4,43	62
	B31(Bsq1)	122-176	0,063	3,65	58
	B32(Bsq2)	176-212 +	0,060	3,51	59
Q - 7	Ap	0 - 25	0,057	1,51	27
	B21(Bt1)	25 - 72	0,084	1,76	21
	B22(Bt2)	72-120	0,096	1,99	21
	B31(Bsq1)	120-161	0,069	2,00	20
	B32(Bsq2)	161-210 +	0,097	2,04	21

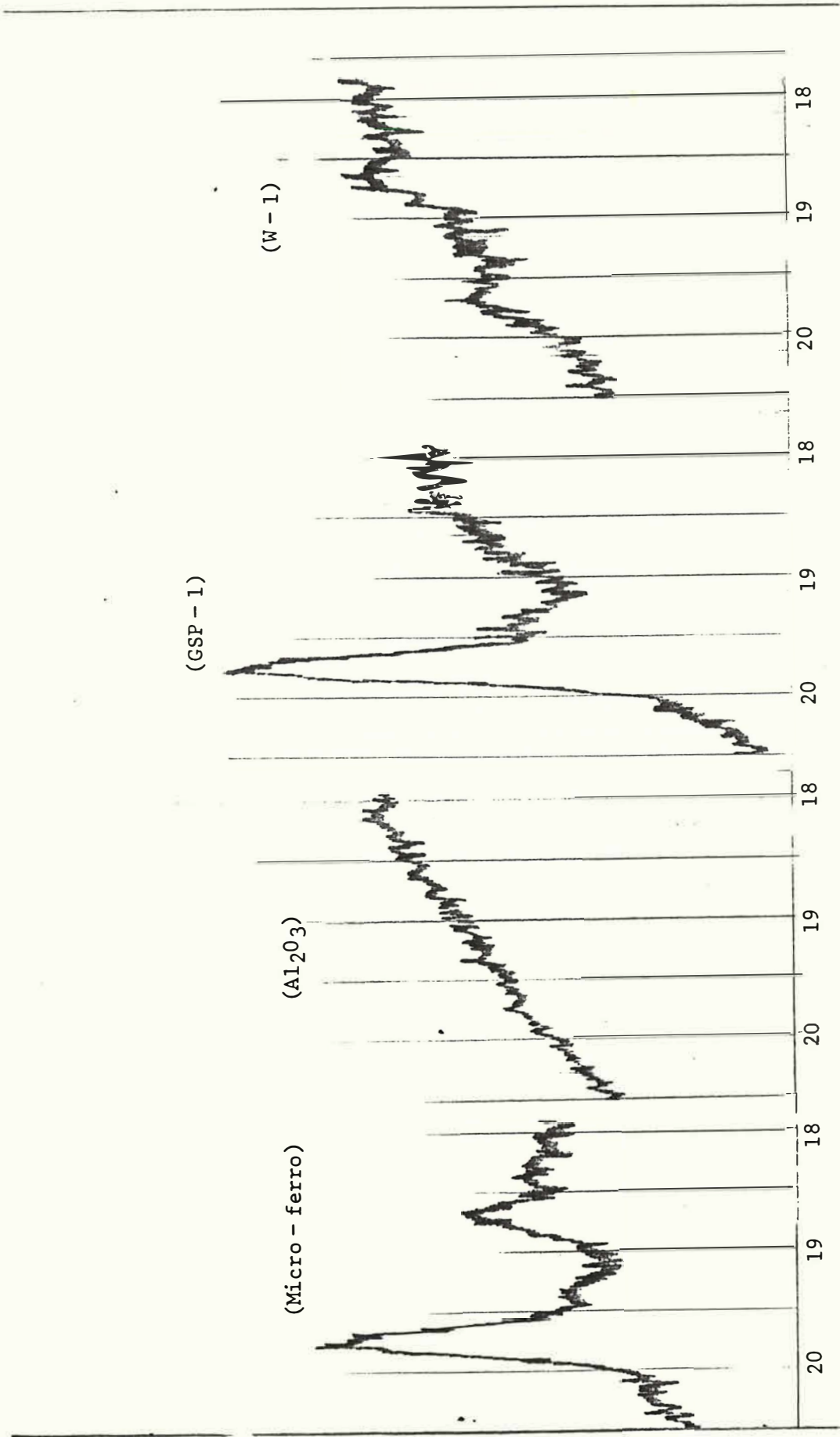


Fig. 20 - Fluorescência de Raios X dos padrões: W-1, GSP-1, Al₂O₃ e Mica-Fe para o zircônio.

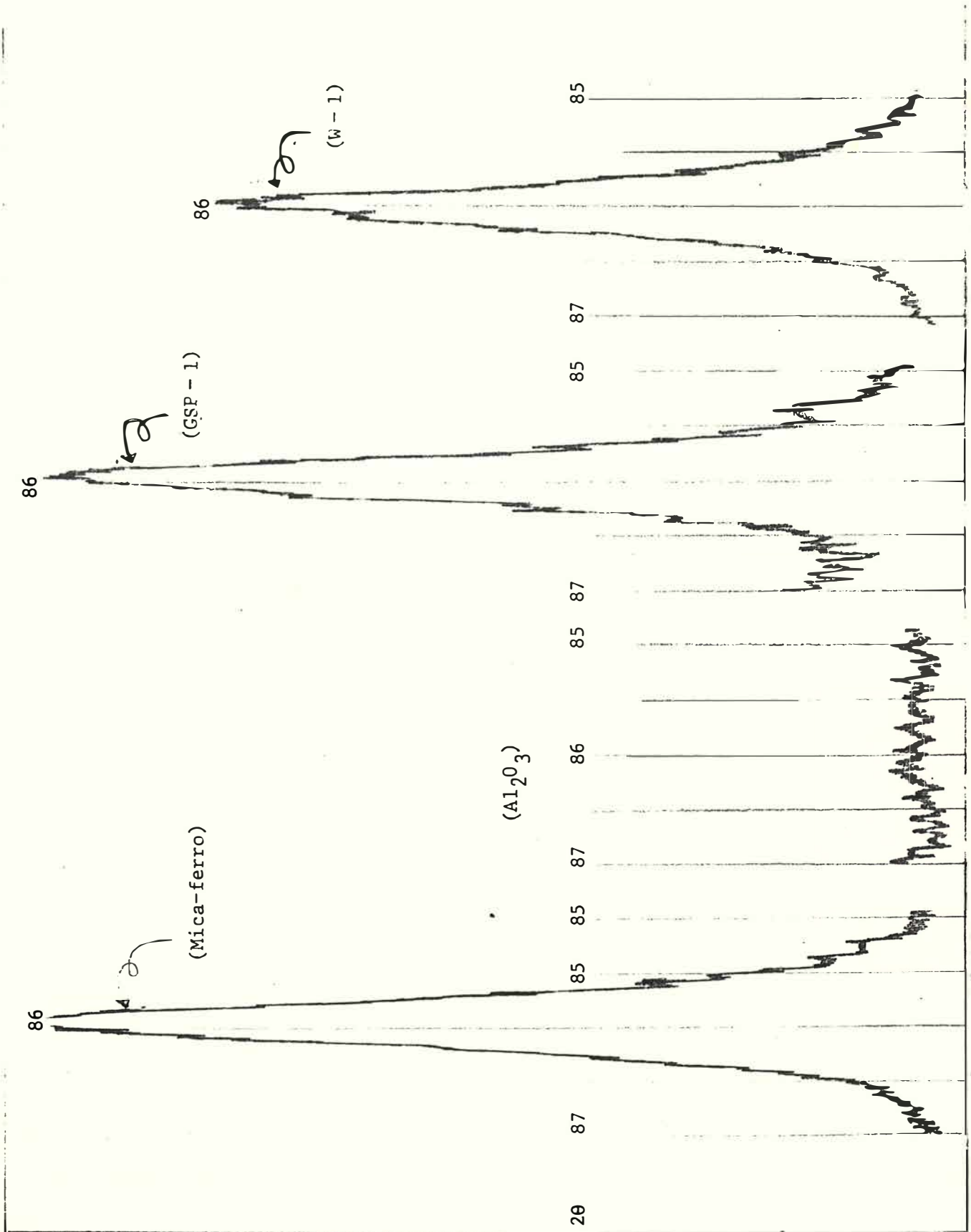


Fig. 21 - Fluorescência de Raios X dos padrões: W-1, GSP-1, Al₂O₃ e Mica-Fe para o titânio.

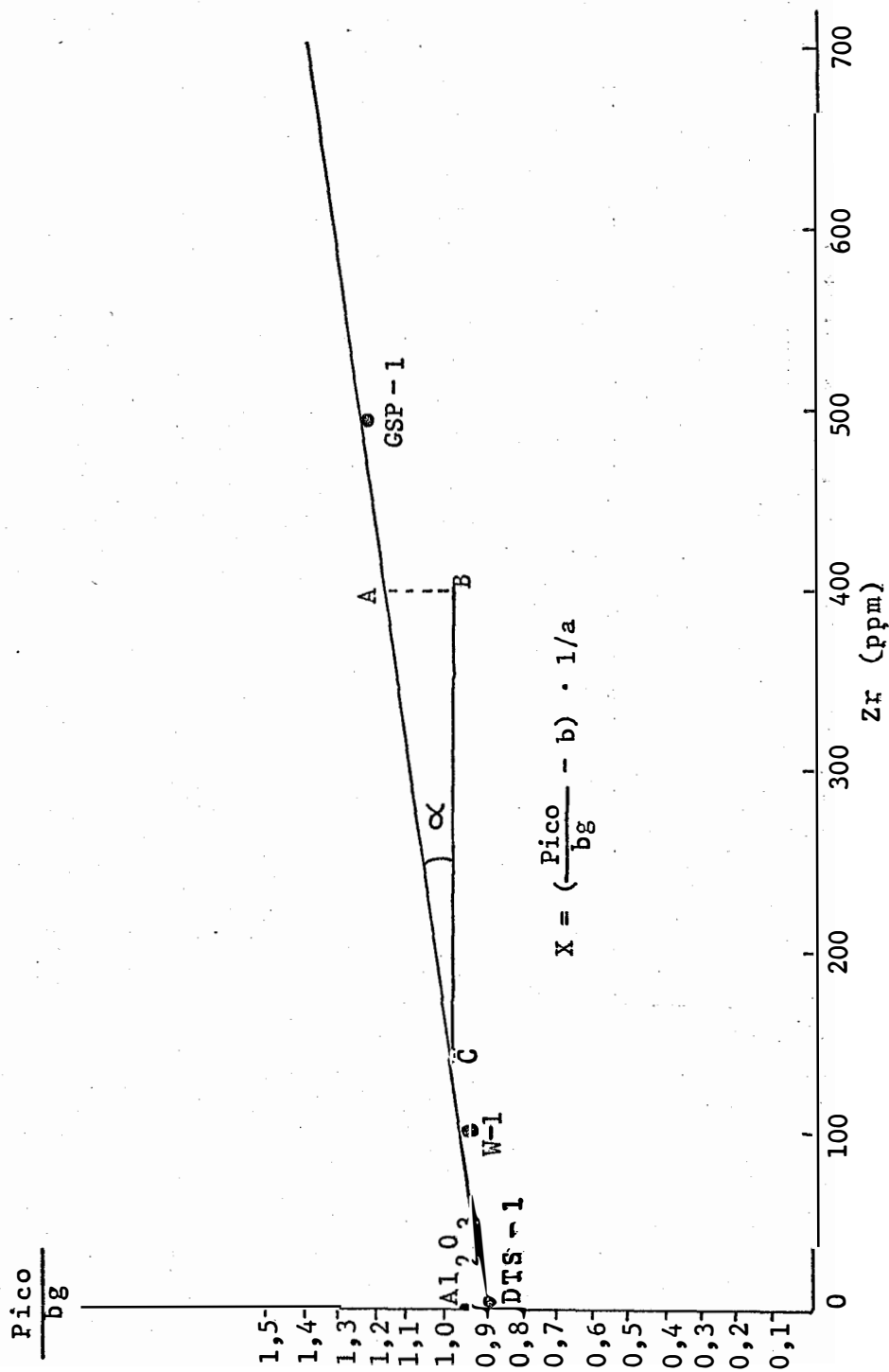
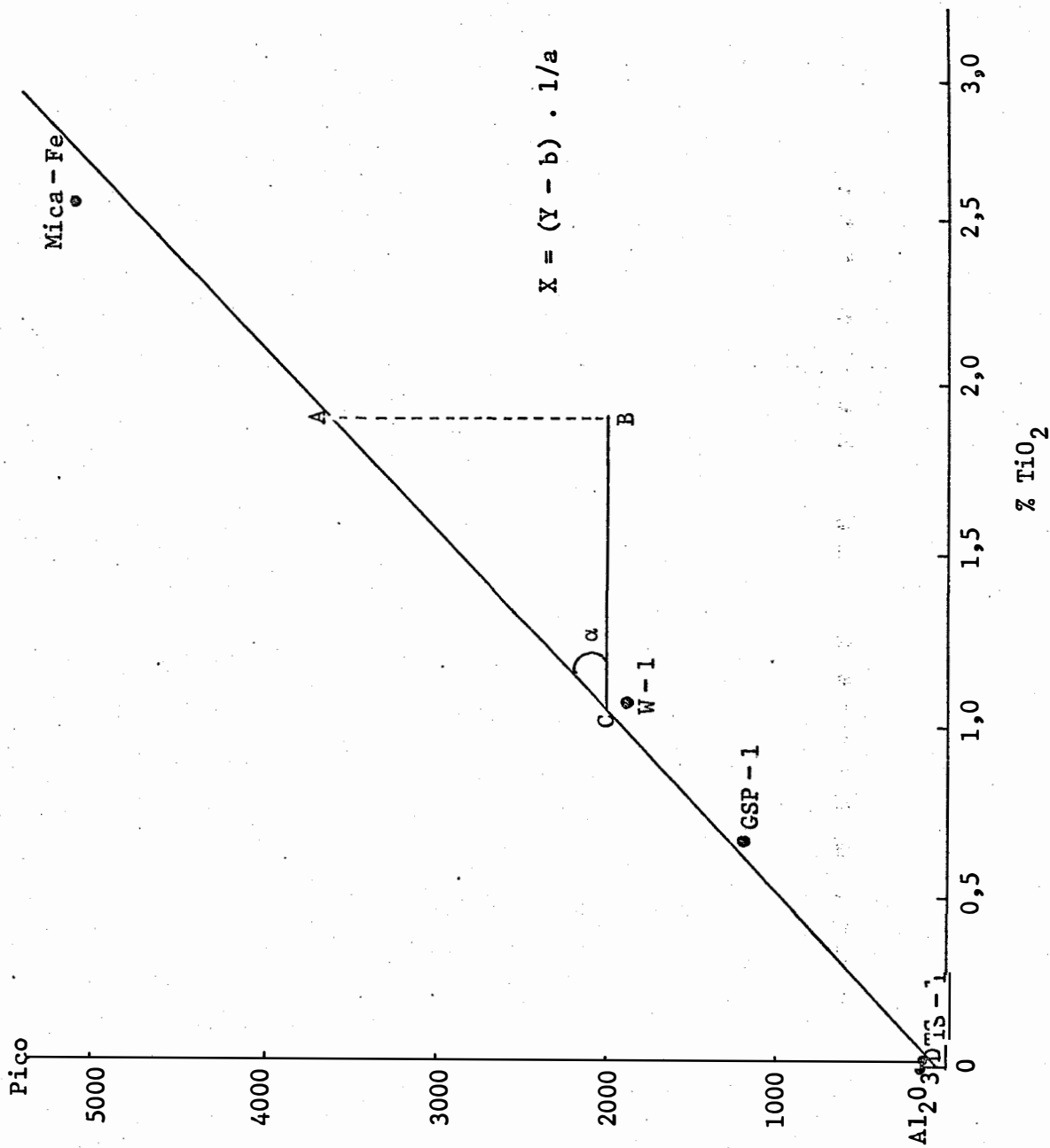


Fig. 22 - Retta baseada nos padrões (Al₂O₃, DTS-1, W-1, GSP-1) para Zr, na sub-fração areia fina.



$$X = (Y - b) \cdot 1/a$$

Fig. 23 - Retta baseada nos padrões (Al₂O₃, DTS-1, GSP-1, W-1, Mica-Fe) para Ti, na sub-fração areia fina.

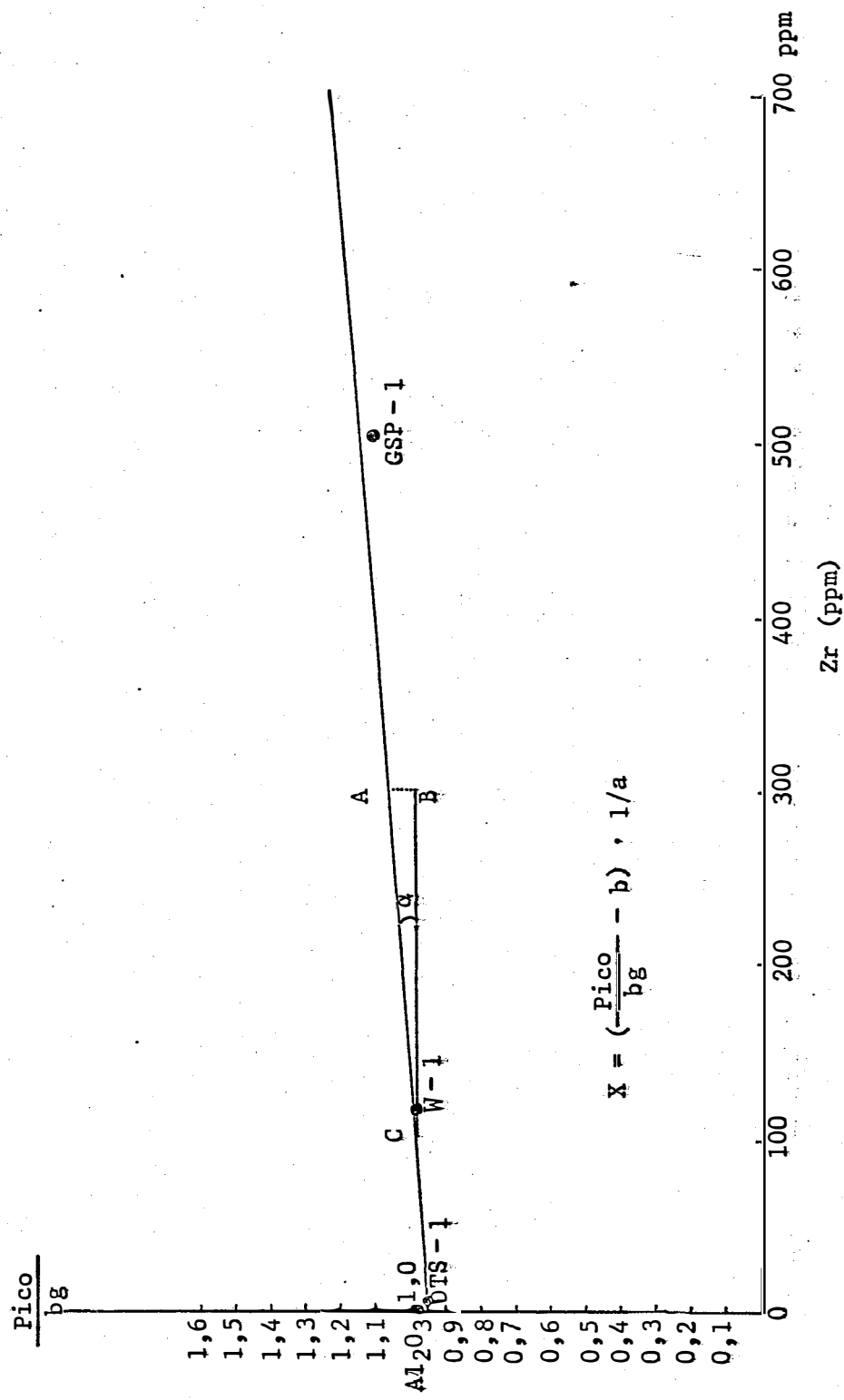


Fig. 24 - Retã baseada nos padrões (Al₂O₃ , DTS-1 , W-1 , GSP-1) para o Zr , na sub-fração areia muito fina.

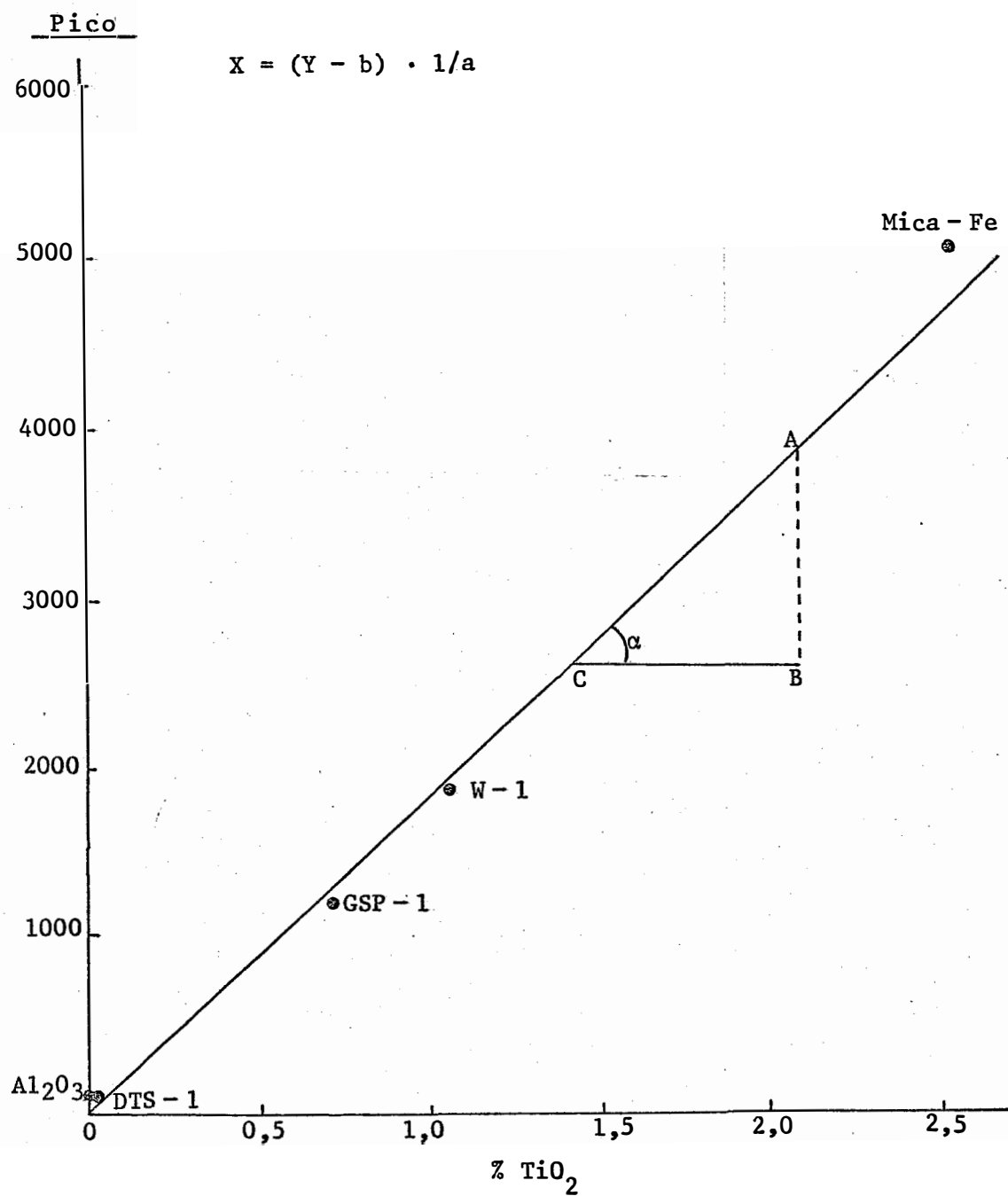


Fig. 25 - Reta baseada nos padrões (Al₂O₃ , DTS - 1 , GSP - 1 , W - 1 e Mica - Fe) para Ti, na sub-fração areia muito-fina.

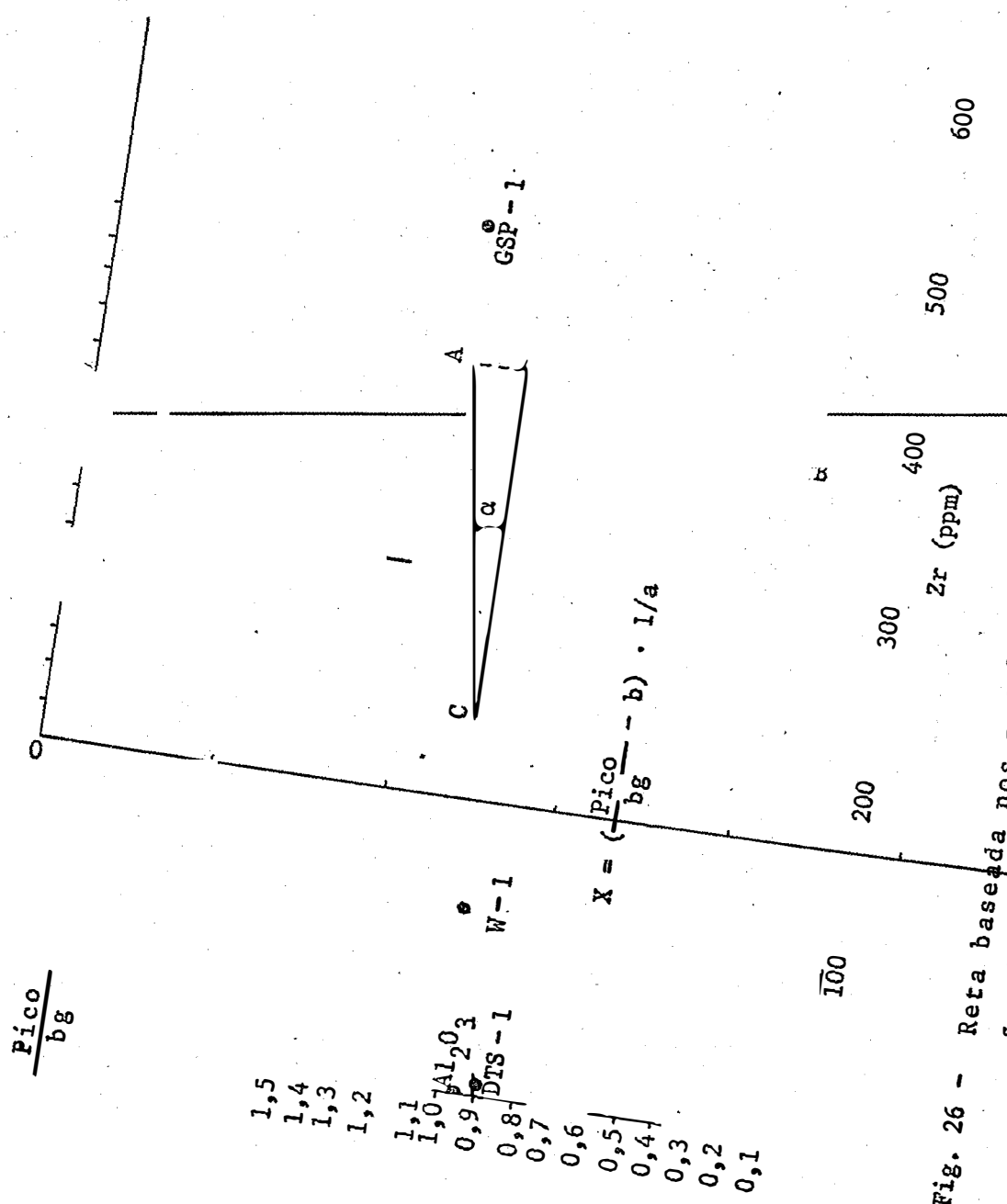


Fig. 26 - Reta baseada nos padrões (Al₂O₃, DTS-1, W-1 e GSP-1) para Zr, na fração silte

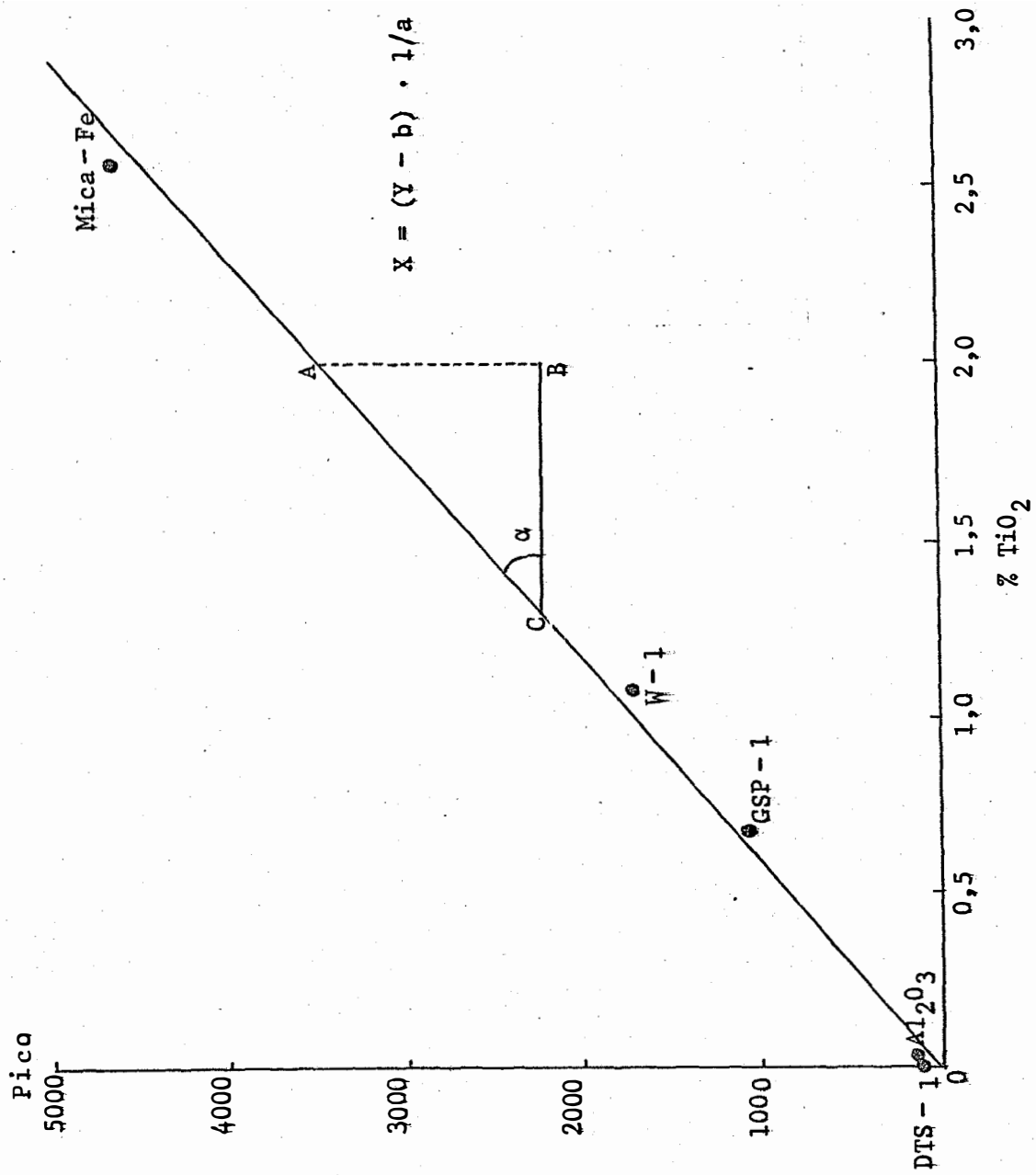


Fig. 27 - Retas baseada nos padrões (Al₂O₃, DTS-1, GSP-1, W-1 e Mica-Fe) para Ti, na fração silte

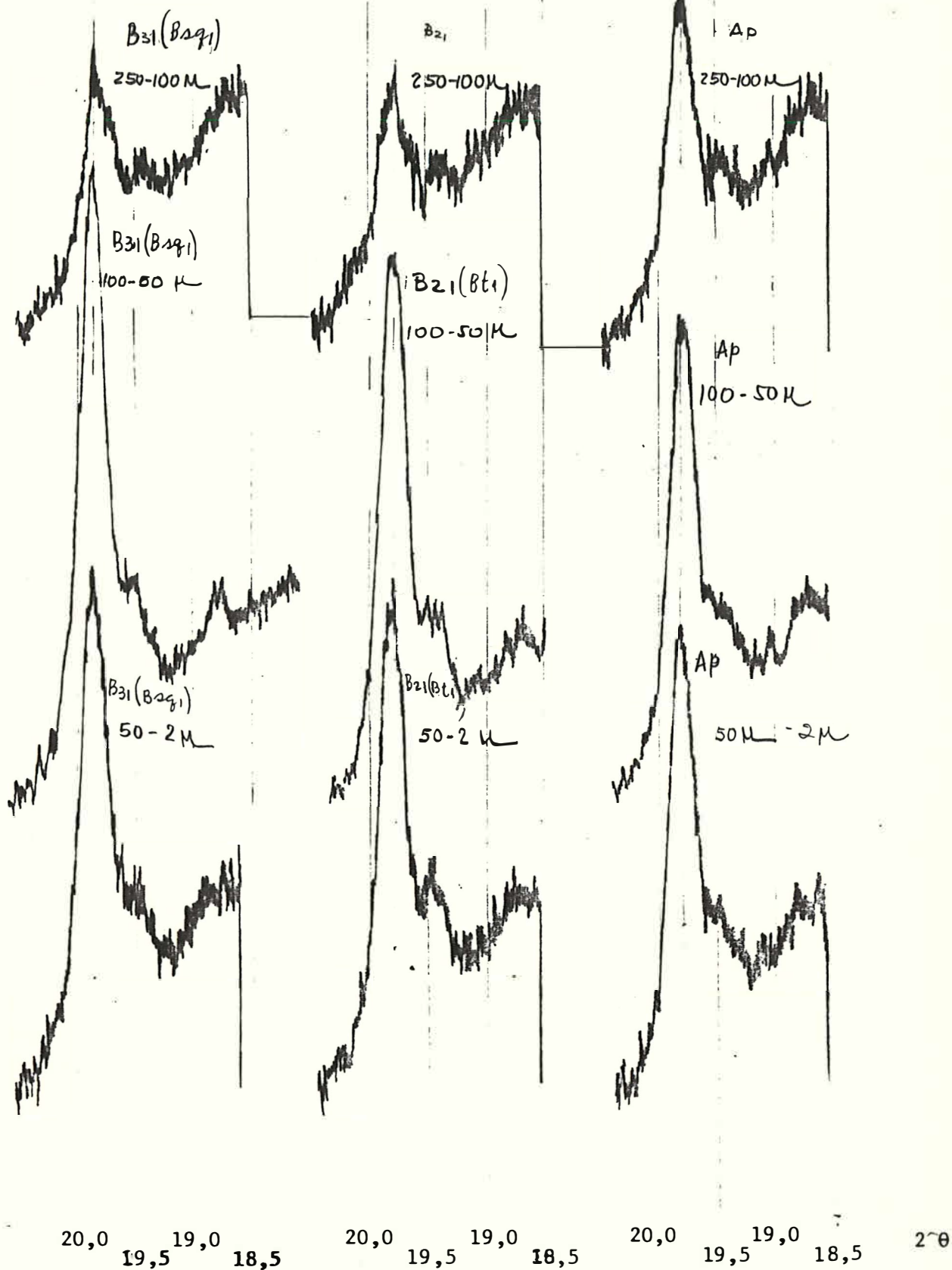


Fig. 28 - Gráficos de fluorescência de raios X para Zr nas sub-frações areia fina, muito fina e fração silte do perfil Q-1.

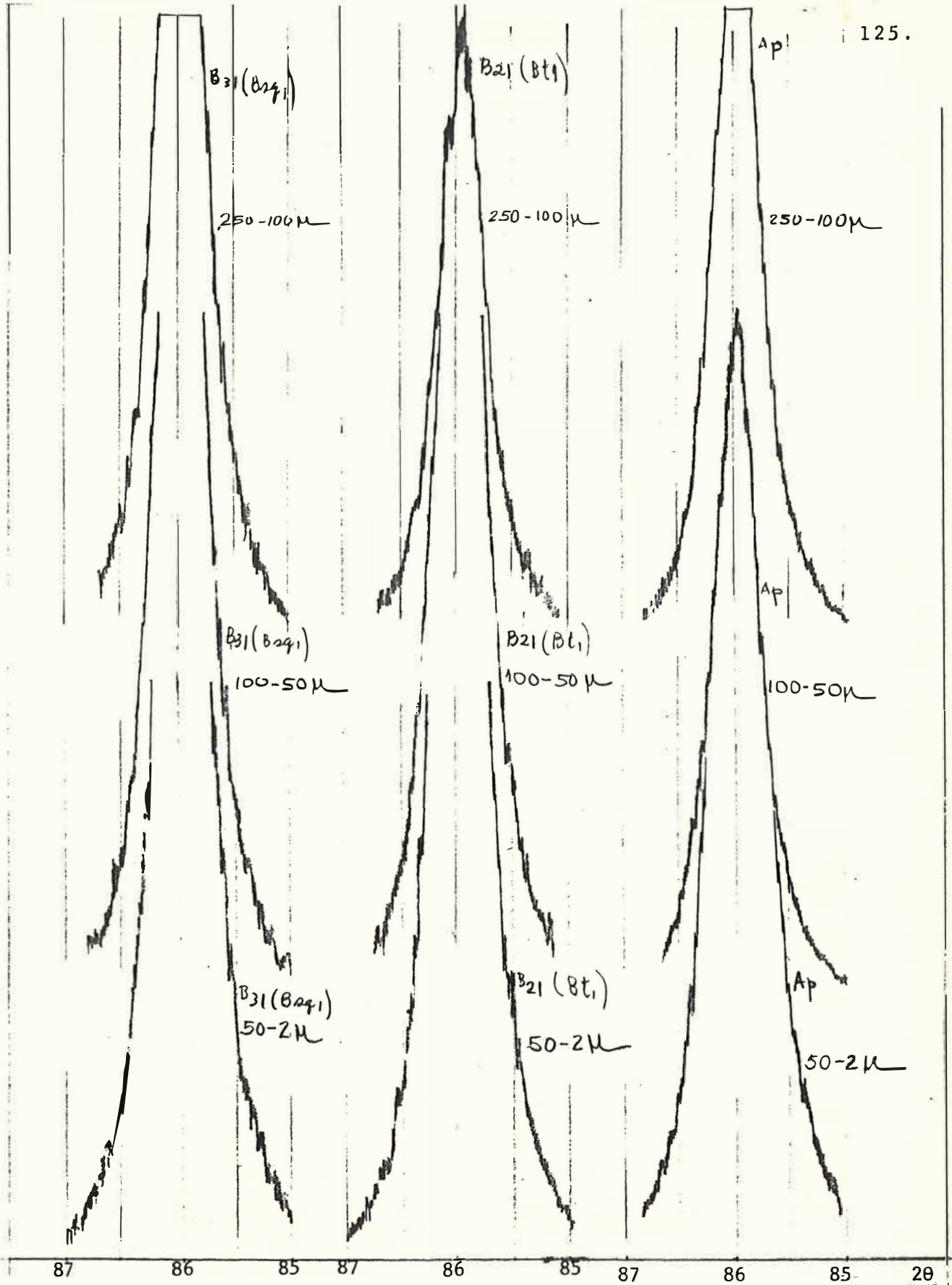


Fig. 29 - Gráficos de fluorescência de raios X para Ti nas sub-frações areia fina, muito fina e fração silte do perfil Q-1.

litológica. O aumento do zircônio e titânio com a diminuição da partícula, concorda com as revelações de POLINOV (1944), quando afirma que não há elementos que sejam absolutamente imóveis. O Ti tem uma variação bem maior que o Zr na fração silte e na sub-fração areia muito fina, sugerindo uma maior instabilidade, o que, de acordo com DEMATTÊ (1978), deve ser tomado com cuidado quando se utiliza a relação Ti/Zr, principalmente em se tratando de solos tropicais. De acordo com este mesmo autor, a utilização da relação Ti/Zr com o objetivo de detectar discontinuidades litológicas pode trazer alguma confusão, levando-se em conta o intemperismo diferencial dos minerais contendo Ti e Zr.

5.3 - Uniformidade do Material de Origem

Para este item, utilizou-se de duas técnicas, ou sejam, fluorescência de raios X e microscopia polarizante, para obtenção dos elementos Zr e Ti e zirconita e turmalina e outros, respectivamente, com o objetivo de obter várias relações e conseqüentemente testar a uniformidade dos solos estudados.

No uso das relações entre materiais pesados para detectar discontinuidades litológicas a literatura é farta, já no uso dos elementos traços, tais como, zircônio e titânio, desenvolvidos no presente trabalho, para a mesma intenção a bibliografia é mais escassa, sendo que os trabalhos que mais se destacam foram desenvolvidos por HASEMAN e MARSHALL (1945),

JOFFE (1949) , KHAN (1959) , ALEXANDER *et alii* (1962) FANNING e JACKSON (1967) , FOSS e RUST (1968) , CHADMAN e HORN (1968) e entre nós DEMATTÊ (1978), com trabalhos desenvolvidos em solos da região de São Pedro, SP.

Verificando a análise morfológica de todos os perfis estudados, observa-se que não há constatação de descontinuidade litológicas associadas às linhas de seixos, mas de acordo com PENTEADO e RANZANI (1973), a natureza coluvial do horizonte A sobre um B fóssil, normalmente está associada a linha de seixos, mas muitas vezes as mesmas podem não ser detectadas, o que pode ser explicado, se por ocasião dos processos de retrabalhamento o material transportado tiver escassez de material grosseiro.

5.3.1 - Uniformidade baseada no conteúdo de Zr e Ti na fração (250 - 100 μ) dos perfis estudados

Dessa maneira, cientes da ausência de descontinuidade litológica associada a linha de seixos e com a intenção de verificar a uniformidade dos solos, seguiu-se os conceitos ditados por CHAPMAN e HORN (1968), para tal objetivo.

Verifica-se através das Tabelas 19 e 20 , que os resultados do perfil Q-1 , apresentam um máximo para zircônio e titânio na profundidade de 75 a 98 cm, como também um ponto mínimo na mesma profundidade na relação Ti/Zr. A diferença entre o conteúdo dos sub-horizontes B21(Bt1) e B22(Bt2) é de aproximadamente 111%, o que leva a sugerir uma descontinuidade litológica

gica entre 75 - 98 cm , Tabela 19.

O perfil Q-2 , apresenta variações mais pronunciadas que o Q-1 , sendo que seus valores de máxima e mínima giram em torno de 0,008 a 0,032% para zircônio e de 0,34 a 1,24% para titânio. Observa-se que entre as profundidades de 10 a 61 cm há uma variação brusca, bem como nas profundidades de 120 a 215 cm, o que de acordo com CHAPMAN e HORN (1968), pode sugerir descontinuidades nas referidas profundidades desse perfil.

No perfil Q-3 , com exceção dos primeiros sub-horizontes, que apresentam valores superiores para zircônio, este elemento mantém-se praticamente constante, com uma diminuição no B31 , para depois aumentar no B32 , mas não se verificando em nenhuma situação uma diferença superior a 100% entre camadas, mas a relação Ti/Zr evidencia uma variação brusca entre as profundidades de 23 e 133 cm, com um ponto mínimo, sugerindo uma descontinuidade litológica.

O perfil Q-4 , apresenta valores bastante desuniformes ao longo dos horizontes. O conteúdo de titânio varia de 0,29 a 0,93% nos horizontes B21 e B31 respectivamente, ao passo que com relação ao zircônio, os valores variaram de 0,006 a 0,028% nos horizontes B22 e B31 , respectivamente, observando porém que há um aumento acentuado nos valores para zircônio entre as profundidades de 92 - 130 cm (0,006%) e 130 - 181 cm (0,028%) com uma diferença de aproximadamente de 376%. Essa diferença dentro dos critérios de CHAPMAN e HORN (1968), sugere uma descontinuidade litológica no solo entre as profundidades mencionadas.

O perfil Q-5 apresenta valores heterogêneos, sendo inferiores nos primeiros horizontes tanto para zircônio como para titânio, havendo um aumento acentuado de 0,008% para o elemento zircônio nas profundidades de 20 a 100 cm e de 0,009 a 0,14% para titânio nas mesmas profundidades. Nota-se que essa diferença é superior a 100% , entre os horizontes B21 e B22 , sugerindo nesta situação, conforme o critério adotado , uma descontinuidade litológica.

Os perfis Q-6 e Q-7 apresentam o conteúdo de zircônio com muita regularidade com exceção do sub-horizonte B32(Bsq2) do perfil Q-6 . Os valores para titânio são variáveis em ambos os perfis com valores superiores no perfil Q-6 entre 0,35% (A & B) e 0,84% (B31). Observa-se que devido a uniformidade para o zircônio, nos perfis citados, não se verificando valores superiores a 100% entre as camadas, que pelos critérios de CHAPMAN e HORN (1968) não existem descontinuidades, mas uma concentração de zircônio e titânio nas profundidades de 122 - 176 cm no perfil Q-6 e uma concentração dos mesmos elementos nas profundidades de 120 - 161 cm no perfil Q-7, podem sugerir descontinuidades litológicas, o que pode ser confirmado pelas análises granulométricas e químicas que apresentam também variações acentuadas nestas profundidades, lembrando que os minerais pesados não são os únicos critérios usados para estudo da homogeneidade, conforme mencionado por HENDRICK e NENLANDS (1923) , JEFFRIES (1937) , BARSHAD (1960) e WINKELJOHANN (1975).

5.3.2 - Relação do Zr e Ti nas sub-frações 100 - 50 / 250 - 100 μ e 2 - 50 / 250 - 100 μ dos perfis estudados

As Tabelas 25 e 26 mostram os resultados das relações para zircônio nas sub-frações areia muito fina e areia fina, bem como de silte e areia fina. Através destes valores, observa-se que há uma confirmação das descontinuidades litológicas nas profundidades citadas, com exceção para o perfil Q-3 cuja relação zircônio nas frações silte e areia fina não serviu para identificação e confirmação das afirmações feitas anteriormente para o referido perfil, o que leva a sugerir um certo cuidado no uso desta relação em frações mais finas, no caso o silte, alerta já mencionada por DEMATTÊ (1978) para o elemento titânio, sendo que o mesmo deva ser levada em consideração para o elemento zircônio.

TABELA 25 - Relação do zircônio nas sub-frações areia muito fina e areia fina (moda) dos perfis

	Horizonte	Ap	B21 (**)	B22 (**)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q - 1	Prof. (cm)	0-31	31-75	95-98	98-170	170-230 +	
	AMF/AF *	2,8	4,8	1,8	2,4	2,2	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q - 2	Prof. (cm)	0-10	10-27	27-61	61-83	83-130	130-215 +
	AMF/AF *	4,9	2,6	9,5	7,3	6,9	2,9
	Horizonte	Ap	A & B	B2(**)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q - 3	Prof. (cm)	0 - 8	8-23	23-78	78-133	133-210 +	
	AMF/AF *	2,2	2,7	2,6	2,1	2,2	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q - 4	Prof. (cm)	0-20	20-41	41-92	92-130	130-181	181-215 +
	AMF/AF *	4,5	5,7	5,7	11,2	2,5	2,7
	Horizonte	Ap	B21	B22	B23(**)	B3(Bsq1)	
Q - 5	Prof. (cm)	0-20	20-60	60-100	100-140	140-210 +	
	AMF/AF *	6,1	7,3	3,9	3,0	4,6	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q - 6	Prof. (cm)	0-15	15-35	35-80	80-122	122-176	176-219 +
	AMF/AF *	5,1	5,1	5,9	4,3	3,3	6,6
	Horizonte	Ap	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q - 7	Prof. (cm)	0-25	25-72	72-120	120-161	161-210 +	
	AMF/AF "	-	19,3	9,2	5,9	6,7	

(*) AF = Areia fina
AMF = Areia muito fina

(**) B2 = B2(Bt)
B21 = B21(Bt1)
B22 = B22(Bt2)
B23 = B23(Bt3)

TABELA 26 - Relação do zircônio na fração silte e na sub-fração areia fina (moda) dos perfis

	Horizonte	Ap	B21 (**)	B22 (**)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-1	Prof. (cm)	0-31	31-75	75-98	98-170	170-205 +	
	S/AF *	2,4	4,4	2,0	2,3	2,4	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-2	Prof. (cm)	0-10	10-27	27-61	61-83	83-130	130-215 +
	S/AF *	4,9	2,8	12,0	8,2	7,0	2,9
	Horizonte	Ap	A & B	B2 (***)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-3	Prof. (cm)	0-8	8-23	23-78	78-133	133-210 +	
	S/AF *	1,8	2,2	3,3	4,0	3,6	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-4	Prof. (cm)	0-20	20-41	41-92	92-130	130-181	181-215 +
	S/AF *	6,7	8,5	12,5	20,7	4,3	6,2
	Horizonte	Ap	B21	B22	B23 (***)	B3(Bsq1)	
Q-5	Prof. (cm)	0-20	20-60	60-100	100-140	140-210 +	
	S/AF *	19,9	12,7	6,4	5,1	7,0	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-6	Prof. (cm)	0-15	15-35	35-80	80-122	122-176	176-212 +
	S/AF *	5,7	6,5	6,1	5,5	4,2	7,5
	Horizonte	Ap	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-7	Prof. (cm)	0-25	25-72	72-100	120-161	161-210 +	
	S/AF *	-	10,5	12,0	8,0	9,7	

(*) S = Silte

AF = Areia fina

(**) B2 = B2(Bt)

B21 = B21(Bt1)

B22 = B22(Bt2)

B23 * B23(Bt3)

5.3.3 - Relação das sub-frações 250 - 100 μ e 1000 - 500 μ dos perfis estudados

Os resultados para a relação areia fina e areia grossa para todos os perfis estudados podem ser vistos através da Tabela 27 . Observa-se que esta relação é altamente significativa, confirmando quase todas as descontinuidades litológicas detectadas pelas outras relações até aqui estudadas, com exceção do perfil Q-4 . De acordo com TYLER *et alii* (1962), observa-se que as relações entre sub-frações areia, são bastante úteis, pois a variação no perfil através destas razões, permite localizar a faixa de transição mesmo que difusa entre dois materiais. Outros pesquisadores, tais como, WINKELJOHANN (1975) e DEMATTÊ (1978), também usaram esta relação com sucesso na verificação da uniformidade de solos.

TABELA 27 - Relação areia fina (moda) e areia grossa dos perfis

	Horizonte	Ap	B21(***)	B22(**)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-1	Prof. (cm)	0-31	31-75	75-98	98-170	170-230 +	
	AF/AG *	10,1	12,1	9,0	11,2	12,8	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-2	Prof. (cm)	0-10	10-27	27-61	61-83	83-130	130-215 +
	AF/AG *	9,9	8,1	10,3	11,5	9,7	13,1
	Horizonte	Ap	A & B	B2 (**)	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-3	Prof. (cm)	0-8	8-23	23-78	78-133	133-210 +	
	AF/AG *	6,9	7,3	8,4	6,9	10,8	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-4	Prof. (cm)	0-20	20-41	41-92	92-130	130-181	181-215 +
	AF/AG *	7,3	5,9	11,0	8,1	8,1	7,2
	Horizonte	Ap	B21	B22	B23 (**)	B3(Bsq1)	
Q-5	Prof. (cm)	0-20	20-60	60-100	100-140	140-210 +	
	AF/AG *	9,6	9,3	8,7	8,6	13,0	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)
Q-6	Prof. (cm)	0-15	15-35	35-80	80-122	122-176	176-212 +
	AF/AG *	12,7	10,1	11,4	10,4	21,0	16,5
	Horizonte	Ap	B21	B22	B31(Bsq1)	B32(Bsq2)	
Q-7	Prof. (cm)	0-25	25-72	72-120	120-161	161-210 +	
	AF/AG *	16,3	80,0	11,6	10,9	17,2	

(*) AF = Areia fina
AG = Areia grossa

(**) B2 = B2(Bt)
B21 = B21(Bt1)
B22 = B22(Bt2)
B23 = B23(Bt3)

5.3.4 - Relação Zirconita (Z) / Turmalina (T) na sub-fração 250 - 100 μ dos perfis estudados

Ainda com o objetivo de uma confirmação da técnica da fluorescência de raios-X , levando em consideração tratar-se de solos tropicais, utilizou-se da metodologia comumente empregada entre nós, ou seja o uso do microscópio polarizante no reconhecimento e contagem dos minerais pesados, com o fim de obter relações de minerais considerados estáveis no solo, e determinar sua homogeneidade.

Dentre as várias relações que podem ser formadas, optou-se pela mais comum ou seja a relação zirconita/turmalina, e também pelo fato de serem os minerais pesados mais estáveis, juntamente com a titanita e magnetita, JACKSON e SHERMAN (1953). JOFFE (1949), sugere que a escolha do indicador imóvel depende do clima, enquanto POLINOV (1944) é radical, revelando que não há elementos que sejam absolutamente imóveis.

Mas a maioria dos pesquisadores que trabalham com estas relações de minerais pesados, têm confirmado sua significância na determinação da homogeneidade dos solos. BREWER (1964) , LOBO (1971) , BAHIA (1973) , WINKELJOHANN (1975) e BONI (1976), são alguns pesquisadores que utilizaram com sucesso tais relações de minerais pesados para uniformidade de solos.

A Tabela 28 , mostra a relação zirconita/turmalina para os diversos perfis estudados. Verifica-se que tal relação também vem confirmar as discontinuidades sugeridas pelas outras relações, sendo que através deste método, observa-se

TABELA 28 - Relação zirconita/turmalina na sub-fração
areia fina (moda) dos perfis

	Horizonte	Ap	B21 (**)	B22 (**)	B31(Bs1)	B32(Bs2)	
Q-1	Prof. (cm)	0-31	31-75	75-98	98-170	170-230 +	
	Z/T *	1,08	1,21	1,16	1,75	1,09	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bs1)	B32(Bs2)
Q-2	Prof. (cm)	0-10	10-27	27-61	61-83	83-130	130-215 +
	Z/T *	1,00	0,9	1,4	1,0	1,0	1,0
	Horizonte	Ap	A & B	B2 (**)	B31(Bs1)	B32(Bs2)	
Q-3	Prof. (cm)	0-8	8-23	23-78	78-133	133-210 +	
	Z/T *	2,7	1,7	1,3	1,3	1,7	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bs1)	B32(Bs2)
Q-4	Prof. (cm)	0-20	20-41	41-92	92-130	130-181	181-215 +
	Z/T *	0,6	0,7	0,7	1,0	0,5	0,7
	Horizonte	Ap	B21	B22	B23 (**)	B31(Bs1)	
Q-5	Prof. (cm)	0-20	20-60	60-100	100-140	140-210 +	
	Z/T *	0,4	1,0	0,4	0,3	0,3	
	Horizonte	Ap	A & B	B21	B22	B31(Bs1)	B32(Bs2)
Q-6	Prof. (cm)	0-15	15-35	35-80	80-122	112-170	176-212 +
	Z/T *	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4
	Horizonte	Ap	B21	B22	B31(Bs1)	B32(Bs2)	
Q-7	Prof. (cm)	0-25	25-72	72-120	120-161	161-210 +	
	Z/T *	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	

(*) Z = Zirconita

T = Turmalina

(**) B2 = B2(Bt)

B21 = B21(Bt1)

B22 = B22(Bt2)

B23 = B23(Bt3)

que tais descontinuidades situam-se junto a pontos de valor mínimo das relações, logo após a um máximo, estando de acordo com RUHE (1958) , BAHIA (1973) e WINKELJOHANN (1975).

Outras relações relacionadas dentro das Tabelas 12 a 18 foram estudadas, porém não houve confirmação das descontinuidades litológicas anteriormente citadas para os diversos perfis estudados ; somente a relação $Z / T + R^*$, vem confirmá-las, o que concorda com os resultados obtidos por BONI (1976).

5.4 - Gênese dos Solos

As discussões em torno dos itens referentes à morfologia, mineralogia da fração argila ($< 2 \mu$) e grosseira, análises químicas, físicas e uniformidade dos solos dão subsídios para sugerir a gênese dos solos estudados.

A atenção fica voltada inicialmente para a heterogeneidade oferecida pelos solos, com exceção dos perfis Q-3 e Q-4 . Observando-se a fração areia destes solos verifica-se a presença de grãos de quartzo rolado, na sub-fração areia fina (moda), o que pode sugerir a influência de processos de erosão e redeposição. Em todos os perfis, os horizontes superficiais apresentam valores para areia total superiores o que leva a deduzir que a contribuição do material arenoso foi

-.-.-.-

* R = Rutilo
T = Turmalina
Z = Zirconita

maior em superfície, levando em consideração também os processos de eluxiação a que foram submetidos. A origem do material arenoso constituído principalmente de quartzo rolado, detectado na série "Luiz de Queiroz", pode ser explicada pela proximidade da Formação Pirambôia, levantada por SOARES (1975) sendo que o perfil Q-4, sofreu uma maior contribuição, com valores para fração areia em torno de 62% nos horizontes superficiais e 51% nos horizontes inferiores, consequentemente saindo dos padrões adotados pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) para o grande grupo Terra Roxa Estruturada. Caso similar é citado por KÄMPF *et alii* (1978), em uma unidade no Rio Grande do Sul, denominada Estação, que recebeu uma contribuição maior de material arenoso que a unidade Vacaria devido estar bem próximo da Formação Tupanciretã, possível fonte deste material, diminuindo esta influência nos perfis mais distantes.

A hipótese de que seja a formação Pirambôia a fonte do material arenoso nos solos estudados, mais especificamente no perfil Q-4, é levantada pela comparação da mineralogia da fração grosseira das séries estudadas por MARCONI (1969), com o presente estudo. Observa-se que a fração leve é dominante em todas as séries levantadas por MARCONI (1969) e que o quartzo é o mineral predominante. Correlacionando com a mineralogia da fração leve da série "Luiz de Queiroz" nota-se que há uma certa semelhança, mesmo levando em consideração que as séries estudadas por MARCONI (1969) estão situadas sobre material arenoso do Botucatu, RANZANI *et alii* (1966), e os solos do presente estudo, originados provavelmente do diabásio, RANZANI *et alii* (1966). A proximidade destas formações arenosas

dos solos estudados poderá ter contaminado a presente série. Aqui deve ser ressaltado que o Grupo São Bento é dividido por ALMEIDA e BARBOSA (1953) em Pirambóia, Botucatu e Santana e, por MEZZALIRA (1965) em Formação Botucatu-Pirambóia ; os referidos autores apresentaram divisão na legenda mas no mapeamento consideraram como uma única formação. Já SOARES (1975) , com trabalho na região de Piracicaba, mostrou esta divisão Botucatu-Pirambóia em mapa (Figura 3). Desta forma correlacionando-se o estudo de MARCONI (1969) e SOARES (1975), os solos estudados pelo primeiro autor, estão situados sobre a Formação Pirambóia, e não sobre a Formação Botucatu, discordando assim de RANZANI *et. alii* (1966).

Dessa maneira a grande quantidade de quartzo na subfração areia fina dos solos da série "Luiz de Queiroz", também confirmada por PERECIN (1973) com maior destaque para o perfil Q-4 provavelmente tem sua origem nos arenitos de ambiente fluvial da Formação Pirambóia, e o maior conteúdo de areia verificada no perfil Q-4 , é explicado pela sua maior proximidade à referida formação.

Quanto à morfologia, verifica-se que são solos profundos e o que mais chama atenção é a presença de um horizonte B textural bem destacado sobre um B latossólico, o qual foi relacionado no trabalho como B31 ou B32 , seguido de "Bsq1" e "Bsq2" respectivamente por se tratar de um horizonte de máxima expressão de acordo com LEMOS e SANTOS (1976) e não um horizonte de transição. Este fato é confirmado por PERECIN (1973) quando determinou as características micromorfológicas do sub-horizonte B21 da série "Luiz de Queiroz" afirmando que

são típicas de horizontes argílicos, enquanto que do B3 de ôxicos. Além do mais o trabalho realizado por PEDRO *et alii* (1976) vêm reforçar a presença de um B2 (argílico) sobre um B3 (pô de café) na Terra Roxa Estruturada do Brasil. Dessa maneira é fácil de verificar que a presença de um horizonte argílico sobre um ôxico parece ser comum em Terra Roxa Estruturada, pois foram constatados por vários outros pesquisadores, como SOUZA (1971) , MARCOS (1971) e ANDRADE (1971).

Com relação aos minerais pesados, há um predomínio de opacos em todos os perfis, sendo que, entre estes a magnetita, seguida por ilmenita foram os minerais dominantes. A predominância desses minerais sugere a origem destes solos de rochas básicas, mesmo porque sendo solos retrabalhados, é de se esperar que o "sill" intrusivo de diabásio, MEZZALIRA (1965) que ocorreu na área, seja o responsável direto pela formação de tais solos. A dominância de magnetita em Terra Roxa Estruturada também foi constatada pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) , quando trabalhou com solos do município de Barra Bonita, SP.

Outro fator que vem auxiliar na gênese destes solos é a textura especificamente a argila cujos perfis apresentam altos conteúdos (> de 45%) , levando em consideração também o índice de saturação de bases que é alto, excetuando-se os perfis Q-2 , o qual apresenta nos dois sub-horizontes superficiais classe textural franco argilo arenosa, e, o Q-4 que saiu do esquema proposto pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) para Terra Roxa Estruturada. A textura argila e argila pesada constatada nos perfis estudados, evidentemente depende da composição e intemperismo da rocha que deu origem ao solo e isso leva a

deduzir que tais perfis foram originados de material básico , provavelmente um "sill" de intrusiva básica que interrompeu a Formação Irati , MEZZALIRA (1965), ou seja o diabásio a rocha que contribuiu decisivamente na origem dos solos da série "Luiz de Queiroz", pois a dominância da referida fração está ligada a maior probabilidade de alterações dos materiais formados a partir da citada rocha. De acordo com MELFI (1967) , os piroxênios e plagioclásios constituem 80% das rochas básicas, levando em consideração que estes minerais são facilmente intemperizáveis, produzindo outros de neoformação os quais concentram nas frações limo e argila, o que parece concordar com o presente caso.

Quanto à mineralogia da fração argila, foi amplamente ressaltada a dominância do argilo-mineral caolinita para todos os perfis estudados. Essa predominância do material caolinítico é explicada por Nalovic, em 1974, citado por PEDRO *et alii* (1976), como uma alteração rápida monosialítica das rochas basálticas, revelando que no horizonte B da Terra Roxa Estruturada há uma pedoplasmação primária que a transforma em um material argiloso constituído pela caolinita, saturada de cátions básicos, associados a óxidos de ferro cristalino e amorfos. Isto nos leva a deduzir que a caolinita da presente série tem sua origem na alteração direta de minerais primários do material de origem.

5.5 - Classificação de Solos

De acordo com os resultados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos das seções 5.1 e 5.2, foi proposta a classificação dos solos estudados, seguindo as normas estabelecidas pela CLASSIFICAÇÃO AMERICANA, E.U.A. (1975), e a Classificação Brasileira, seguindo os critérios propostos pela COMISSÃO DE SOLOS (1960).

O trabalho de RANZANI *et alii* (1966), mostra o perfil modal da série "Luiz de Queiroz", foi classificado ao nível de Grande Grupo, de acordo com BALDWIN, KELLOGG e THORP (1938), como Latossol. Posteriormente no mesmo trabalho, baseando na Classificação Americana, E.U.A., (1960), classificaram-no como Alfisol.

Analisando a morfologia dos solos estudados verifica-se que o horizonte B3(Bsq) de todos os perfis, possuem estrutura maciça ou em blocos sub-angulares, fraca; a argila dispersa em água é baixa (< 3%), a consistência é macia, friável a muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa, a textura é argilosa ou franca, sugerindo por tudo isso a presença de um horizonte óxico.

De acordo com os resultados granulométricos, seção 5.1, observa-se que foi constatado um horizonte de sub-superfície argílico para todos os perfis estudados.

Confrontando tais resultados com os encontrados por RANZANI *et alii* (1966), observa-se que quando classificaram como Latossol, obrigatoriamente deveria ter um horizonte B latossólico e posteriormente quando classificaram como Alfisol

forçosamente deveria ter um horizonte argílico. Consultando a descrição morfológica verifica-se que não se faz menção de cerosidade, uma das características importantes para o reconhecimento do horizonte de subsuperfície argílico (E. U. A., 1975). Desta maneira a ausência de um horizonte argílico exclui o perfil (modal) da ordem Alfisol ou Ultisol, não concordando com o presente estudo, podendo ser tal solo classificado como Oxisol.

Observa-se que os solos estudados apresentam um horizonte argílico sobre um óxico, o que é permitido dentro dos critérios da Classificação Americana (E.U.A., 1975) e, esta característica parece ser comum em clima tropical, pois vários pesquisadores, tais como SOUZA (1971) , MARCOS (1971) e ANDRADE (1971) , relataram tal observação em solos similares.

Já, ANDRADE (1971) em sua discussão bastante detalhada sobre o possível enquadramento do perfil P₁ da série "Luiz de Queiroz" na ordem Oxisol e Ultisol, verificou que melhor seria classificá-lo na ordem Ultisol, levando em consideração a relação argila entre os subhorizontes Ap e B2I e a presença de argila orientada no B2I . No entanto, o autor nas suas conclusões, optou pela classificação de Latossol Roxo, o que não concorda com sua discussão, pois o Latossol Roxo, tem como característica principal a presença de um horizonte diagnóstico de subsuperfície óxico, portanto a ordem seria Oxisol e não ordem Ultisol.

A classificação dos solos estudados pode ser observadas nas Tabelas 29 e 30 .

TABELA 29 - Classificação de solos de acordo com E.U.A.
(SOIL SURVEY STAFF, 1975)

Perfil	Epipedon	Horizonte Diagnóstico	Família
Q - 1	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso fino, caulinítico * , térmico **
Q - 2	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso fino, caulinítico * , térmico **
Q - 3	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso muito fino, caulinítico * , térmico **
Q - 4	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argila <u>a</u> renosa , caulinítico * , térmico **
Q - 5	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso muito fino, caulinítico * , térmico **
Q - 6	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso muito fino, caulinítico * , térmico **
Q - 7	Ócrico	Argílico	Typic Paleudalf , argiloso muito fino, caulinítico * , térmico **

(*) **Caulinítico:** Por estimativa, sugerindo dominância do argilo-mineral cauliníta através dos picos intensos nos difratogramas (1.^a e 2.^a ordens) e por analogia com a bibliografia consultada.

(**) **Térmico:** Com a falta de dados relativos a temperatura do solo, a classe de temperatura foi determinada seguindo as recomendações de SMITH e NEWHALL (1964).

TABELA 30 - Classificação Brasileira conforme a COMISSÃO DE SOLOS (1960) e DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA (1973).

Perfil	Classificação
Q - 1	Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura argilosa relevo ondulado.
Q - 2	Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura argilosa relevo suave ondulado.
Q - 3	Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura argilosa suave ondulado.
Q - 4	Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico intergrade para Terra Roxa Estruturada textura argilosa relevo suave ondulado.
Q - 5	Terra Roxa Estruturada Distrófica textura muito argilosa relevo suave ondulado.
Q - 6	Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura muito argilosa relevo suave ondulado.
Q - 7	Terra Roxa Eutrófica textura muito argilosa relevo suave ondulado a ondulada.

6 - CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, propõe-se as seguintes conclusões para os solos estudados:

- 1 - Os solos da área estudada são retrabalhados.
- 2 - O perfil Q - 4 não se enquadrou como Terra Roxa Estruturada pelos critérios adotados pela COMISSÃO DE SOLOS (1960).
- 3 - Para a área equivalente ao perfil Q - 4 , levantada e classificada por RANZANI *et alii* (1966) como série "Luiz de Queiroz" e Terra Roxa Estruturada respectivamente, sugere-se modificação no mapa e legenda.
- 4 - A abundante quantidade de quartzo rolado presente nos solos da série "Luiz de Queiroz" é sugerida ser proveniente da Formação Pirambóia.

- 5 - Através da fluorescência de raios X , verificou-se um aumento gradativo dos elementos Ti e Zr com a diminuição do tamanho da partícula (Areia fina \Rightarrow Areia muito fina \Rightarrow \Rightarrow Silte) , sendo que para o Ti esse aumento foi bem mais pronunciado.
- 6 - A análise com a técnica da fluorescência de raios X , confirmou descontinuidade litológica em todos os perfis nos quais que o método tradicional Z/T detectou.
- 7 - De acordo com a classificação Americana, E.U.A. (1975) , os solos foram classificados como:
- a) Q - 1 e Q - 2 = Typic Paleudalf , argiloso fino , caolinítico , térmico ;
 - b) Q - 3 , Q - 5 , Q - 6 e Q - 7 = Typic Paleudalf , argiloso muito fino , caolinítico , térmico ;
 - c) Q - 4 = Typic Paleudalf , argila arenosa , caolinítico , térmico.

Na classificação Brasileira (COMISSÃO DE SOLOS, 1960 e DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA, 1973) como:

- a) Q - 1 = Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura argilosa relevo ondulado ;
- b) Q - 2 e Q - 3 = Terra Roxa Estruturada Eutrófica textura argilosa relevo suave ondulado ;
- c) Q - 4 = Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico intergrade para Terra Roxa Estruturada textura argilosa relevo suave ondulado ;

- d) Q - 5 = Terra Roxa Estruturada Distrôfica textura muito argilosa relevo suave ondulado ;
- e) Q - 6 e Q - 7 = Terra Roxa Estruturada Eutrôfica textura muito argilosa relevo suave ondulado a ondulado.

7 - SUMMARY

This work presents the study of seven soil profiles of the country of Piracicaba, State of São Paulo, classified by RANZANI *et alii* (1966) as "Luiz de Queiroz" series.

The objective was to propose the genesis and classification as well as the uniformity of the soils utilizing several techniques.

To achieve this objective the author made use of morphological descriptions, chemical, physical and mineralogical analyses, also utilizing polarizing microscopy, X ray diffraction, electronic microscopy and X ray fluorescence.

According to the diffractograms, caulinite was the dominant clay mineral. Gibbsite was present in small quantities and others 2:1 clay minerals (illite, vermiculite and montmorillonite) in very small quantities in a few profiles.

The proposed relations for heavy minerals, obtained by polarizing microscopy, to study soil uniformity were confirmed by the relations obtained through the trace elements (Zr and Ti), evaluated by means of X ray fluorescence. The results show that all soils of the studied area (7 profiles) were remanaged.

The appreciable quantity of rolled quartz in the coarse fraction of the profiles probably, have their origin from Piramboia's sandstone.

The heavy elements (Zr and Ti) found in the fraction and the subfraction of fine sand and very fine sand, showed an increase of the quantity of these of these elements with a decrease of particle size, being more evident for the case of Ti.

According to the American Classification, U.S.A. (1975), the profiles were classified as:

- a) Q-1 and Q-2 = Typic Paleudalf , fine clayey , caulinitic, thermic.
- b) Q-3 , Q-5 , Q-6 and Q-7 = Typic Paleudalf, very fine clayey, caulinitic, thermic.
- c) Q-4 = Typic Paleudalf, sand clayey, caulinitic, thermic.

In the Brazilian Classification (COMISSÃO DE SOLOS, 1960) and (DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA, 1973) the profiles were classified as:

- a) Q-1 = "Terra Roxa Estruturada Eutrôfica" clayey textural, undulated relieve.

- b) Q - 2 and Q - 3 = "Terra Roxa Estruturada Eutrôfica"
clayey textural, mild undulated relieve.
- c) Q - 4 = "Podzôlico Vermelho Amarelo Distrôfico", intergrade
to "Terra Roxa Estruturada", clayey texture mild
undulated relieve.
- d) Q - 5 = "Terra Roxa Estruturada Distrôfica", very cla-
yey texture, mild undulated relieve.
- e) Q - 6 and Q - 7 = "Terra Roxa Estruturada Eutrôfica", ve
ry clayey texture mild undulated to undulate.

8 - LITERATURA CITADA

- ADANS, J. e R. P. METALSKI, 1955. Distribution of heavy minerals and soil development in Scott silt loams. Soil Science, New Brunswick, 79: 59 p.
- ALEXANDER, J. D. ; A. H. BEAVERS e P. R. JOHNSON, 1962. Zirconium content of coarse silt in loess and till of Wisconsin age in northern Illinois. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26: 189-196.
- ALMEIDA, F. F. M. e O. BARBOSA, 1953. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Depart. Nac. Prod. Miner. Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, Bol. nº 143: 96 p.
- ANDRADE, S. S., 1971. Gênese e classificação de solos de três catenas nos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Piracicaba, ESALQ/USP, 74 p. (Dissertação de Mestrado).

- BAHIA, V. G., 1973. Contribuição ao Estudo da Mineralogia de um Latossol Vermelho Amarelo - fase arenosa do município de Iracemápolis, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 75 p. (Dissertação de Mestrado).
- BAHIA, V. G., 1975. Gênese e classificação de um solo do município de Lavras, MG., Piracicaba, SP., ESALQ/USP, 67 p. (Tese de Doutorado).
- BALDWIN, M. ; C. E. KELLOGG e J. BHORD, 1938. Soil Classification. U. S. Dept. Agr. Yearbook, Washington, D. C. 997-1001.
- BARSHAD, I., 1960. Soil development. In: Chemistry of the Soil. 3th Printing - Reinhold - Publish Corporation. 515 p.
- BAVER, L. D., 1966. The mechanical composition of soils. In: Soil Physics. 3^a ed. N.Y., John Wiley & Sons Inc. p. 48-80.
- BONI, N. R., 1976. Descontinuidade Litológica em Solos do município de São Pedro, SP, Piracicaba, ESALQ/USP, 52 p. (Dissertação de Mestrado).
- BREWER, R., 1955. Mineralogical examination of a yellow podzolic soil formed on granodiorite. C.S.I.R.O., Austrália, publication, nº 5 .
- BREWER, R., 1968. Clay illuviation as a factor in particle size differentiation in soil profiles. In: Trans. 9th International Congress of Soil Sci., Adelaide, 4: 489-499.

- BUCKMAN, H. O. e N. C. BRADY, 1966. Algumas propriedades físicas importantes dos solos minerais. In: Natureza e Propriedades dos Solos. Trad. Antonio B.M.F. Filho, 1^a ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos. p. 58-90.
- CAMARGO, T. e P. VAGELER, 1937. Análise de solos (II). 1. Análise Mineralógica. Bol. Tec., nº 31 do Inst. Agr. Campinas, 22 p.
- CARVALHO, A. e R. F. MONTGOMERY, 1973. Estudo de uma ocorrência de Terra Roxa Estruturada e Latossol Roxo numa Sequência Topográfica no Estado de São Paulo. In: Anais do XIIIº Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Vitória, p. 60.
- CASTRO, J. A., 1966. A Terra dos Bons Ares: Interpretação geográfica do município de Botucatu, Botucatu, 71 p.
- CERVELINE, A. *et alii*, 1966. Análise de Dados Meteorológicos de Piracicaba, Estado de São Paulo. In: XVIII.^a Reunião Anual da Soc. Bras. para o Progresso da Ciência.
- CHAPMAN, S. L. e M. E. HORN, 1968. Parent material uniformity and origin of silty soils in northwest Arkansas based on Zr, Ti contents. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 265-271.

- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Boletim do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas, Rio de Janeiro, (12): 634 p.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1962. Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região sob Influência do Reservatório de Furnas. Boletim do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas, Rio de Janeiro, (13): 462 p.
- CURI, N., 1975. Relações genéticas e geomórficas em solos das encostas inferior e superior do nordeste, no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 134 p. + Apêndices. (Tese de Mestrado).
- DEMATTE, J. L. I. ; A. C. TEIXEIRA MENDES e L. GERARDI FILHO, 1972. Ocorrência de montmorilonita em alguns solos desenvolvidos do arenito de Botucatu. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 29: 39-60.
- DEMATTE, J. L. I., 1978. Zircônio e titânio da fração areia de solos. R. Bras. Ci. Solo. Campinas, 2(1): 74-77.
- DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA, 1973. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura. Boletim Técnico nº 30. Recife, 436 p.

- ENGLAND, C. B. e H. F. PERKINS, 1959. Characteristics of three Reddish Brown Lateritic soils of Georgia. Soil Sci., New Brunswick, 88: 294-302.
- E. U. A., SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook n° 436. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., 754 p.
- FANNING, D. S. e M. L. JACKSON, 1967. Zirconium content of coarse silt from some Wisconsin soils and sediments. Soil Sci., New Brunswick, 103: 253-260.
- FOSS, J. E. e R. H. RUST, 1968. Soil Genesis Study of a Lithologic Discontinuity in Glacial Drift in Western Wisconsin. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 393-398.
- GALHEGO, H. R., 1977. Mineralogia de Solos de uma Toposequência na Região de Contacto do Planalto Ocidental com as Cuestas Basálticas no Município de Botucatu, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 62 p. (Dissertação de Mestrado).
- GONÇALVES, A. R. e A. C. MONIZ, 1975. Estudo das argilas de solos das unidades geomorfológicas da bacia da Lagoa Mirim do Território Brasileiro. In: Anais do XVº Congr. Bras. de Ciência do Solo, Campinas, p. 509-516.
- GROHMAN, F. e B. VAN RAIJ, 1974. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: Anais do XIVº Cong. Bras. de Ciência do Solo, Santa Maria, RS. p. 123-132.

- HARPSTEAD, M. e R. H. RUST, 1964. A pedological characterization of five profiles in Gray-Wooded soils area Minnesota. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 28(1): 113-118.
- HASEMAN, J. F. e C. E. MARSHALL, 1945. The use of Heavy Minerals in studies of the origin and development of soils. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull, 387: 75 p.
- HENDRICK, J. e G. NEULANDS, 1923. The value of mineralogical examination in determining soil types, with a method of examination and comparison of English and Scotch soils. J. Agr. Sci., Cambridge, 13: 1-18.
- HEINRICH, E. W. M., 1956. Microscopic Petrography. Mc Grow-Hill, Boock Co. Inc., New York, 296 p.
- HUMBERT, R. P. e C. E. MARSHALL, 1943. Mineralogical and chemical studies of soil formation from acid and basic rocks in Missouri. Agricultural Experiment Station, University of Missouri. Columbia, Missouri. Research Bulletin, 359 p.
- JACKSON, M. L., 1964. Chemical composition of soils. In: BEAR, F. E., "ed., Chemistry of the Soil. 2^a ed., Reinhold, New York, p. 71-141.
- JACKSON, M. L., 1969. Soil Chemical Analysis: Advanced Course. Published by author. Dept. of Soils, Univ. of Wisconsin. Madison, Wis. U.S.A., 895 p. (mimeografado).

- JACKSON, M. L. e G. D. SHERMAN, 1953. Chemical Weathering of minerals in soils. Advances in Agron., New York, 5: 221-319.
- JEFFRIES, C. D., 1937. The mineralogical composition of the fine sands of some Pennsylvania soils. Soil Sci., New Brunswick, 43: 357-366.
- JEFFRIES, C. D., 1941. A method of preparing soils for petrographic analysis. Soil Sci., New Brunswick, 52: 451-454.
- JOFFE, J. S., 1949. Pedology, New Brunswick, New Jersey. Rutgers University Press. 18 p.
- KAMPF, N. e E. KLAMT, 1978. Mineralogia e Gênese de Latossolos (oxissols) e Solos Podzólicos da Região Nordeste do Planalto Sul-Riograndense. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 2: 68-73.
- KELLER, W. D., 1964. Process of origin and alteration of clay minerals. In: RICH, C. I. e G. W. KUNZE, "ed.", Soil Clay Mineralogy - A Symposium, The University of North Caroline Press - Chapel Hill, 330 p.
- KHAN, D. H., 1959. Studies on translocation of chemical constituents in some red-brown soils, terra Rossas and Rendzinas using zirconium as a weathering index. Soil Sci., New Brunwik, 88: 196-200.

- KRUMBEIN, W. C. e F. J. PETTIJOHN, 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century - Crofts, Inc., New York, 549 p.
- LANDIN, P. M. B., 1973. Contribuição ao Estudo dos Místicos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, U.S.P., São Paulo, Geologia n^o 17. 35 p.
- LEINZ, V. e S. E. AMARAL, 1978. Geologia Geral. Companhia Editora Nacional, 7.^a ed. São Paulo, 397 p.
- LEMONS, R. C. e R. D. SANTOS, 1976. Manual de Método de Trabalho de Campo. Soc. Bras. Ci. Solo. Comissão de Método de Trabalho de Campo. 36 p.
- LOBO, A. E. M., 1971. Descontinuidade Litológica de Alguns Solos da Região de Piracicaba, ESALQ/USP, Piracicaba, SP., 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).
- MARCOS, Z. Z., 1971. Morphologic and physical properties of fine-texture oxisols, State of São Paulo. Tese PhD, Ohio State University, mimeografado. 272 p.

MARSHALL, C. E., 1941. A petrographic method for the study soils formation process. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 5: 100-103.

MARSHALL, C. E. e J. F. HASEMAN, 1943. The quantitative evaluation of soil formation and development by heavy mineral study. A grundy silt loam profile. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 7: 448-453.

MARSHALL, C. E. e C. D. JEFFRIES, 1945. Mineralogical methods in soil research. Part. I. The correlation of soil types and parent materials, with supplementary information on weathering process. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 10: 397-405.

McCALLEB, S. B., 1959. The genesis of the Red Yellow Podzolic Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 23(2): 164-168.

McCRAKEN, R. J. ; E. J. PEDERSEN ; L. E. AULL ; C. I. RICH e T. C. PEELE, 1971. Soil of the Hayesville, Cecil and Pa colet series in the Northern Appalachian and Piedmont regions of the United States. North Carolina State University of Raleigh - Soil Conservation Service. U.S. Dept. of Agriculture. Southern Cooperation - Series Bull., 157. 120 p.

MEDEIROS, G. B., 1971. Gênese e Classificação de Alguns Solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras, Município de Rio das Pedras. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. 80 p.

- MELFI, J. A. ; V. A. V. GIRARDI e A. C. MONIZ, 1966. Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodureto Camargo" de Campinas. Bragantia, Campinas, 25(2): 9-30.
- MELFI, J. A., 1967. Intemperismo de Granitos e Diabásios no Município de Campinas e Arredores, Estado de São Paulo. São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras/USP. 166 p. (Tese de Doutorado).
- MENDES, A. C. T., 1968. Ocorrência de halloysita em solos do município de Pindorama, SP., Piracicaba, ESALQ/USP. 70 p. (Tese de Livre Docente).
- MENDES, A. C. T., 1970. Dispersão de Amostras de Solos Mine-rais. Piracicaba, Depto. de Solos e Geologia, ESALQ/USP, 70 p.
- MENDES, J. C. ; V. J. FULFARO ; S. E. AMARAL e P. M. B. LANDIN 1966. A formação Irati e facies associadas. Bol. Soc. Bras. Geol., São Paulo, SP. 15(3): 23-44.
- MEZZALIRA, S., 1965. Descrição geológica e geográfica das fo-lhas de Piracicaba e São Carlos, SP. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, 13: 37 p.
- MITCHELL, W. A., 1975. Heavy Minerals. In: GIUSEKING, J.E. Soil Components. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. New York, 2: 450-474.
- MONIZ, A. C. e M. L. JACKSON, 1967. Quantitative mineralogi-cal analysis of Brazilian Soils derived from basic rocks and slates. Madison, Univ. Wisconsin. Soil Sci. Report, (212): 73 p.

- MONIZ, A. C. e A. CARVALHO, 1969. Estudos mineralógicos de solos derivados do Arenito de Botucatu e de rochas básicas da região de Celusa, SP. In: Anais do XIº Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Curitiba, PR. 69-70 p.
- MONIZ, A. C. e A. CARVALHO, 1973. Sequência de evolução de solos derivados do arenito de Bauru e de rochas básicas da região Noroeste do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 32: 309-335.
- PAIVA NETO, J. E., 1942. A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. Bragantia, Campinas, 2: 355-432.
- PEDRO, G. A. CHAUVEL e A. J. MELFI, 1976. Recherches sur la constitution et la genèse des Terra Roxa Estruturada du Brésil. Ann. Agron., Paris, 27(3): 265-294.
- PENTEADO, M. M. e G. RANZANI, 1973. Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados de Marília. Sedimentologia e Pedologia. IGEOG/USP, São Paulo, 6: 23 p.
- PERECIN, D., 1973. Observações micromorfológicas em sete perfis de solos do município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 95 p. (Dissertação de Mestrado).
- PETTIJOHN, F. J., 1949. Persistence of Heavy Minerals and Geologic Agl. J. Geol., New York, 49(6): 610-625.
- PETTIJOHN, F. J., 1949. Sedimentary Rocks. Harper e Brothers, Pub., New York, 526 p.

POLYNOV, B. P., 1944. Total analysis of soils and their interpretation. Pedology, URSS, 10: 482-490.

western kentucky. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., madison, PRICE, T. W. ; R.L. BLEVINS ; R. I. BARNHISEL e H. H. BAILEY, 1975. Lithologic Discontinuities in loess soils of South western Kentucky. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 39: 94-98.

QUEIROZ NETO, J. P., 1963. A granulometria da fração areia dos solos da Serra de Santana. Bragantia, Campinas, 22: 3-12.

RANZANI, G. ; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. Piracicaba, ESALQ/USP. 85 p.

RIBEIRO, L. P., 1974. Caracterização dos Solos de Ibitiara, BA., Salvador. Instituto de Geociências / UFBA , 114 p. (Tese de Mestrado).

RUBEY, W. W., 1933. The size distribution of heavy minerals within a wath-laid sandstone. J. Sed. Petrol., Tulsa, Okla, 3: 3-29.

RUEGG, N. R., 1975. Modelos de Variação Química na Província Basáltica do Brasil Meridional. Características de Teor, Distribuição Geográfica e Diferenciação. São Paulo Instituto de Geociências/USP. 215 p. (Tese de Livre Docente).

RUHE, R. V., 1958. Stone line in soils. U.S.D.A., Soil Sci., New Brunswick, 87: 223-231.

- SETZER, J., 1949. Os Solos do Estado de São Paulo. Publicação nº 6 da série "A", C. N. G., Rio de Janeiro, I.B. G.E. 18 p.
- SIMONSON, R. W., 1949. Genesis and classification of Red-Yellow Podzolic Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 14: 316-319.
- SMITH, G. D. e S. NEWHALL, 1964. Soil Temperatures Regimes Their Characteristics and Predicability. Depto. Agr., Washington, 13 p.
- SOARES, P. C., 1973. O Mesozóico Gonduânico no Estado de São Paulo. Rio Claro. Fac. Fil. Ci. Letras de Rio Claro, SP. 152 p.
- SOARES, P. C., 1975. Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 5: 229-251.
- SOIL SURVEY STAFF, 1951. Soil Survey Manual - U.S.D.A. Handboock nº 18, Printing Office, Washington, D. C. p. 503.
- SOLOMON, J. D., 1932. The heavy mineral assemblages of the great chalky Boulder clay and Cannon-shot gravels of East Anglia, and their significance. Geol. Mag., London, 69: 314-320.
- SOUZA, J. J., 1971. Estudo Pedológico de Perfis de Solos da Região de Iracemópolis. Piracicaba, ESALQ/USP. 100 p. (Dissertação de Mestrado).

- SOUZA, J. L. G. ; C. R. ESPÍNDOLA ; H. R. GALHEGO e A. C. T. MENDES, 1974. A fração argila de um perfil de Terra Roxa Estruturada. Ciência e Cultura, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), São Paulo, 26: p. 198.
- THORP, J. *et alii*, 1959. Genesis of Miami Silt Loam. Soil Soc. Amer. Proc., Madison, 23(2): 156-161.
- TYLER, S. A., 1936. Heavy minerals of the St. Peter sandstone in Wisconsin. J. Sed. Petrol., Tulsa, Okla., 6: 55-84.
- TYLER, L. E. *et alii*, 1962. Properties and genesis of soils developed in very firm till in northeastern. IOWA. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26: 275-281.
- VETTORI, L., 1969. Métodos de análise de solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (MA), Rio de Janeiro, Bol. Tec. nº 7, 24 p.
- VILLIERS, J. M., 1965. Present soil-forming factors and processes in tropical and subtropical regions. Soil Sci. New Brunswick, 99: 50-57.
- WASHBURNE, C. W., 1930. Petroleum Geology of State of São Paulo. Com. Geol., São Paulo, Bol. 22, 46 p.
- WESTIN, F. C., 1953. Solonetz soils of eastern south Dakota their properties and genesis. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 17: 287-290.

WINKELJOHANN, J. M. S., 1975. Descontinuidade Litológica em Perfis de Solos da Série Guanium. Piracicaba, ESALQ/SUP. 41 p. (Dissertação de Mestrado).

WOLLAST, R., 1961. Aspect chimiqué du mode de formation des bauxites dans le Bas-Congo. Bull des Sciences Acad. Roy Sci d'Autre Mer, Belgique, 9: 468-489.