

**GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS DE TRÊS CATENAS  
NOS MUNICÍPIOS DE PIRACICABA E RIO CLARO**

Sébastien Soares de Andrade  
engenheiro agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Ioriatti Demattê

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"  
da Universidade de São Paulo, para a  
obtenção do título de Mestre.

**PIRACICABA  
1971**

A

Maria Ignez

Leonardo

Guilherme

Adriana,

ofereço

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

Ao Professor Dr. José Luiz Ioriatti Demattê,  
pela orientação dada.

Ao Dr. Renato Simplício Lopes, Secretário-Executivo da Associação de Crédito e Assistência Rural - ACAR, que tem demonstrado interesse pelo treinamento dos técnicos da entidade, pela autorização concedida para o seu curso.

Ao Dr. Antônio C. Moniz, do Instituto Agrônomico de Campinas, pela cessão do Laboratório para a realização de parte deste trabalho, bem como pelas sugestões apresentadas nas análises e interpretações dos dados.

Ao Professor Dr. Antônio C. Teixeira Mendes, pela cessão do Laboratório e colaboração.

À ACAR e CAPES, pelo suporte financeiro concedido durante a realização do curso.

Ao Centro de Estudos de Solos da ESALQ pelas amostras de solos analisadas em seu Laboratório.

Ao Setor de Bioquímica do Departamento de Química da ESALQ pelo uso do Espectro Fotometro de Adsorção Atômico.

A todas as pessoas que, de uma ou outra maneira, tenham contribuído para a execução deste trabalho.

# I N D I C E

	Página
1 . INTRODUÇÃO .....	1
2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	1
3 . MATERIAL E MÉTODOS .....	5
3.1 . Material .....	5
3.1.1 . Solos .....	5
3.1.2 . Equipamentos .....	7
3.1.2.1 . Raios-x .....	7
3.1.2.2 . Aparelho Térmico-Diferencial .....	7
3.2 . Métodos .....	7
3.2.1 . Obtenção das Amostras .....	7
3.2.2 . Análise da fração argila do solo .....	10
3.2.2.1 . Remoção dos sais solúveis e cations divalentes trocaveis .....	10
3.2.2.2 . Oxidação da matéria orgânica e eliminação do MuO <sub>2</sub> .....	10
3.2.2.3 . Remoção do óxido de ferro livre .....	11
3.2.2.4 . Dispersão e fracionamento da argila .....	11
3.2.2.5 . Preparo e montagem de amostras orientadas ....	12
3.2.2.6 . Reconhecimento dos minerais de argila .....	13
3.2.3 . Análise quantitativa dos minerais de argila ....	13
3.2.3.1 . Mica .....	13
3.2.3.2 . Vermiculita e montmorilonita .....	14
3.2.3.3 . Caulinita e Gibbsita .....	14
3.2.3.4 . Material Amorfo .....	15
3.2.4 . Análise mecânica do solo .....	15
3.2.5 . Análise química do solo .....	15
4 . CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DOS PERFIS DE SOLOS .....	17
4.1 . Localização dos municípios .....	17
4.2 . Formação Geológica .....	18
4.3 . Clima .....	18
4.4 . Localização e descrição dos perfis de solos .....	21

	Página
5 . RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
. Resultados mineralógicos .....	26
. Classificação dos solos	53
6 . CONCLUSÕES	68
7 . RESUMO .....	69
8 . SUMMARY .....	70
9 . BIBLIOGRAFIA CITADA .....	71

Os minerais de argila se formam, praticamente em qualquer clima, pela alteração de rocha e sedimentos. A quantidade, assim como o tipo da argilo-mineral formado, podem no entanto variar significativamente com o tipo de clima.

Para a formação da montmorilonita, por processos de intemperismo, há necessidade de uma alta relação Si/Al associada com relativa abundância de íons magnésio, ferro, cálcio, sódio e uma limitada quantidade de potássio, assim como de uma baixa concentração de íons hidrogênio (KELLER 26). Estas condições químicas são normalmente encontradas em ambientes de clima semi-árido (precipitação menor do que evaporação), onde a hidrólise da sílica só ocorre por ocasião do umedecimento do solo. Quando esta unidade diminui, há a concentração dos íons, tornando-se possível a sua combinação com o grupo O-Si-Al para formar montmorilonita.

Se as condições de clima forem opostas à anterior, isto é, se a precipitação for maior do que a evaporação (clima tropical, por exemplo) e o solo apresentar uma boa drenagem, a reação de dessilicatização se processará em grau tão intenso que torna impossível a formação de minerais de argila de grande atividade como a montmorilonita.

Por outro lado, estudos conduzidos em outros países de clima tropical têm demonstrado que a formação de montmorilonita pode ocorrer quando o solo apresenta condições de drenagem pobre. Nessas condições é possível ocorrer o enriquecimento de íons magnésio, cálcio, ferro, sódio e uma alta relação Si/Al, restabelecendo, portanto, as condições propícias à formação de montmorilonita.

Baseando-se nestas idéias é que se propõe a realização deste trabalho, para verificar o comportamento mineralógico de solos com boa drenagem e seus respectivos hidromórficos ou solos de drenagem pobre.

Para tal estudo foram selecionados 3 catenas de solos com um total de sete perfis situados nos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Dêstes perfis, quatro apresentam boa drenagem e três têm drenagem pobre. Um total de 63 amostras de solos foram estudadas e analisadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os estudos sobre a sequência de formação e mesmo de intemperização dos minerais constituintes da fração argila de um solo ou de um sedimento (fração abaixo de 2  $\mu$ ), foram iniciados por JACKSON *et al* (20). De acordo com êstes autores, a taxa de intemperização pode ser definida como sendo o produto dos fatores de intensidade e de capacidade de intemperismo. São considerados como fatores de intensidade de intemperismo a temperatura (T) e sua relação com a acumulação de húmus; a taxa de movimento da água ou lixiviação proporcionada pela drenagem interna (água); a acidez da solução (H+) com particular referência ao suprimento de

ácido carbônico e o grau de oxidação (intensidade de elétrons) e suas flutuações (oxidação-redução,  $\Delta e^-$ ). Como fatores de capacidade de intemperismo tem-se a superfície específica das partículas (S) e a natureza específica do mineral em intemperização (km).

A intemperização na unidade de tempo (t) pode, portanto, ser expressa em termos destes fatores na forma de uma equação ou seja:

$$\begin{aligned} \text{Velocidade de} &= \text{fatores de intensidade} \times \text{fatores de capacidade.} \\ \text{intemperização} & \\ (t) &= f(\text{temperatura, água, prótons, elétrons}) \times (\text{superfície, natureza do mineral}) \end{aligned}$$

Dêste modo, o estágio de intemperização da fração argila pode ser representado como sendo a somatória destes fatores ou:

$$\text{Estágio de intemperismo} = \Sigma (T, H_2O, H^+, \Delta e^-, S, km, t).$$

Os cinco principais fatores de formação do solo (clima, vegetação, relêvo, material de origem e tempo) podem ser reconhecidos como expressos em vários fatores de intensidade e de capacidade. Desta maneira, o predomínio de um fator sobre os demais pode alterar as condições de formação do mineral de argila.

KELLER (26) escreve que as condições sob as quais a montmorilonita se forma contrastam com aquelas em que se desenvolve a caulinita. A montmorilonita se forma em um sistema químico caracterizado por alta relação Si/Al, por relativa abundância de Mg, Fe, Ca, Na e K, e por uma baixa concentração de íons H. Como, por exemplo, as rochas máficas e cinzas vulcânicas de composição intermediária, relativamente ricas em Mg, Fe e Ca, fornecem os cátions que ligam ao grupo O-Si-Al formando com mais facilidade montmorilonita do que caulinita.

O clima, por sua vez, aliado a um sistema de drenagem eficiente, é tão importante quanto o material de origem, da seguinte forma: se êle é semi-árido, isto é, precipitação menor do que evaporação, a hidrólise da sílica se dá enquanto houver umidade no solo; mas, como em seguida vem o período sêco, a solução de cátions originalmente diluída torna-se saturada com Mg, Ca, Fe, Na, etc, que combinam com o grupo O-Si-Al formando montmorilonita. Desta maneira, pela utilização dos íons divalentes da água subterrânea, as rochas graníticas, que são ricas em K e Na, mas pobres em Ca, podem alterar-se para montmorilonita em climas semi-áridos. Por outro lado, em clima úmido associado a uma boa drenagem do solo, as bases são normalmente eliminadas tornando-se o ambiente favorável à formação de caulinita.

Se, nestas condições climáticas, a drenagem do solo fôr impedida (pobre), haverá concentração de bases (Ca, Mg, Na, e K) e sílica que reconstruirão o sistema químico adequado à formação de montmorilonita.

Aparentemente, segundo KELLER (26), a função mais importante do meio ambiente na intemperização é de liberar (e absorver) energia do processo. Materiais no processo vêm da rocha ori-

ginal, aumentada por certos íons e gases (H, OH, K, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, oxidação - redução) de agentes móveis no meio ambiente.

Desta maneira pode-se concluir que os minerais de argila se formam sob condições que eventualmente devem ser definidas claramente em termos físico-químicos, ou seja, em termos de materiais e de energia.

Assim é que MOHR e VAN BAREN (34), estudando a influência da drenagem do solo na formação de minerais de argila, verificaram que a laterita e a montmorilonita foram formadas a curta distância uma da outra, provenientes do mesmo material de origem (rocha ígnea) e nas mesmas condições de clima. A única exceção imposta pelo meio ambiente que proporcionou a formação tanto de laterita como de montmorilonita foram as condições da drenagem, pois enquanto a primeira se formou em um ambiente de boa drenagem, a segunda foi formada em condições de drenagem pobre, rica em sílica e íons metálicos.

Por outro lado, um solo com drenagem excessiva (excesso de lixiviação) também pode, de acordo com a equação geral de intemperização, alterar os minerais. Brown e Jackson (JACKSON, 23) concluíram que a intemperização da mica é acelerada devido à rápida infiltração da água das chuvas no perfil do solo.

É frequentemente mencionado que solos com horizontes A e B desenvolvidos são bem intemperizados e suas argilas refletem fortemente a influência do meio ambiente climático. SOUTHARD e MILLER (44), trabalhando com três perfis de solos desenvolvidos de rocha sedimentar no nordeste de Utah, verificaram que as condições de drenagem imperfeitas ou pobres são conhecidas como impedimento ou reversão na sequência da formação de argila. O alto conteúdo de argila e drenagem moderada pode resultar na retenção de cátions e sílica solúvel. Estes elementos podem favorecer a formação de alguma argila do tipo montmorilonita. Possivelmente em tais condições, alguma caulinita pode reverter para montmorilonita. Mc ALBEESE e MITCHELL (31) estudaram a mineralogia da fração argila de horizontes de dez perfis de solos originários do basalto, e representativo de quatro séries de solo. Esses solos foram classificados de acordo com a drenagem do perfil. A composição mineralógica daqueles perfis era formada por uma mistura de minerais de argila, sendo que o tipo e a quantidade de cada mineral presente estavam na dependência das condições de drenagem dentro do perfil. Assim é que a caulinita, que foi o produto final de intemperização, geralmente predominou na maioria dos horizontes superficiais. A vermiculita formou-se nos perfis bem drenados, mas onde os sintomas de gleização eram evidentes em vez deste mineral de argila, era a montmorilonita que se formava. A quantidade de montmorilonita era maior nos horizontes inferiores.

HAANTJENS e BLEEKER (16), trabalhando em solos tropicais e de boa drenagem, na Nova Guiné, observaram que as argilas do tipo 1:1, tais como caulinita e halloysita e, também, as alofanas são formadas pela alteração de mineral primário alumínio-silicatado, acompanhada por uma quase completa remoção de Na, K, Ca e Mg. Concluíram, também, que esses minerais de argila podem ser



considerados como sendo o produto final de intemperização para aquelas condições. BATES (4), estudando solos do Hawai, também obteve resultados semelhantes.

Condições locais e temporárias de um micro-sistema aberto, na superfície de agregados, podem propiciar a reversão da tendência de intemperização. Desta maneira pode-se explicar o aparecimento de uma ou outra combinação de silicatos secundários e sesquióxidos na forma cristalina ou amorfa como componente "estável" do momento, conforme Mc KEAGUE *et al* (32). A existência de solos de baixada, circundado por oxissóis e contendo montmorilonita em sua fração argila, pode estar neste caso. Nestas condições a montmorilonita se forma pelo acúmulo de sílica e de bases que são carregadas das áreas adjacentes, GREENE (15).

Segundo DE VILLIERS (11), as condições de clima tropical úmido onde o abundante suprimento de umidade e elevada temperatura, acompanhados de uma rápida mineralização de grandes quantidades de matéria orgânica, são responsáveis por um intenso catamorfismo dos minerais primários. Solos destas regiões consistem de minerais primários resistentes, de argilas do tipo 1:1 e de óxido de ferro livre.

JACKSON (23) afirma que a intemperização mais intensa e prolongada do material de origem e solos, sob condições de estações úmidas e secas, têm resultado no enriquecimento de componentes sesquioxídicos formando óxido de ferro livre, caulinita e halloysita (e frequentemente gibbsita) em argilas dos Ultissóis. Por sua vez, o influxo de minerais coloidais e solutos de Si, Fe, Al, Mg, Ca e Na (com limitado teor em K), em brejos e bacias, frequentemente resulta na formação de montmorilonita, durante o Quaternário. Restrição de drenagem, como a controlada pela topografia, textura e evaporação de água, é associada ao acúmulo de Si e outros constituintes essenciais à formação de montmorilonita.

BAMPO-ADDO *et al* (3), estudando os minerais de argila de algumas séries de solo em Ghana, concluíram que nas partes mais altas do declive, onde a drenagem do solo é mais rápida, a caulinita era o mineral dominante, devido às severas condições de intemperismo tropical. Por outro lado, em solos semi-inundados e em solos de planícies inundáveis, a assembléia de minerais de argila era diferente. Houve ocorrência de considerável quantidade de minerais interestratificados, mica, vermiculita, montmorilonita, embora a caulinita ainda fôsse o mineral dominante.

Resultado aparentemente diferente dos citados até aqui foi encontrado por MONIZ (35), no estudo de uma topossequência de Brasília proveniente de ardósia em que o LVE-orto, representa solos de boa drenagem. Segundo este autor, a influência de drenagem ficou patenteada no estudo de solo hidromórfico de surgente (Série Flexa) que apresentou teores de gibbsita mais elevados, semelhante aos solos hidromórficos da catena estudada. A série Flexa se situa topograficamente ao lado da série Sussuarana, que é o membro com boa drenagem e menor intemperização da catena, indício de que a diferença encontrada se deveu à ação da drenagem.

Os dados encontrados na literatura para solos bem drenados, que servirão de termo de comparação no estudo dos solos mal drenados, podem ser assim resumidos:

MONIZ et al (36), trabalhando com vários solos desenvolvidos de rochas básicas e tendo como base a análise mineralógica da fração argila, concluíram que a Terra Roxa Estruturada é menos intemperizada do que o Latossol Roxo, contendo a primeira, como minerais de argila dominantes, a caulinita e material amorfo (50% e 23% respectivamente), enquanto o último apresentou igual percentagem de caulinita e gibbsita (40% cada).

A percentagem de óxido de ferro livre variou de 12 a 19% para a Terra Roxa Estruturada e de 14-24% para o Latossol Roxo.

ESCOBAR et al (14), trabalhando com o perfil de Latossol Roxo TP-18, encontrou na análise mineralógica, realizada nas duas frações de argila, a caulinita como o mineral mais abundante, com cerca de 70%, e gibbsita com 9,2%, tanto a vermiculita como a mica permaneceram praticamente constantes de acordo com a profundidade do solo, e seus teores estão em torno de 0,6 e 0,9%, respectivamente.

CARVALHO et al (5), fazendo um estudo comparativo entre a Terra Roxa Estruturada e Latossol Roxo, com base nos dados mineralógicos, verificou que havia uma diferença significativa na sua composição mineralógica. Enquanto a TRE mostrou valores mais altos e maior amplitude em caulinita, que foi de 60-70%, o LR apresentou valores mais baixos neste mineral e uma variação mais estreita, 38-42%.

O mesmo relacionamento feito para o material amorfo mostrou que a TRE apresentou valores entre 23 e 30% e o LR 10-16% aproximadamente. No entanto, a maior diferença entre estes dois solos foi observada quanto ao seu conteúdo em gibbsita, tendo o LR apresentado os mais altos valores, que foram de 33-40%, e a TRE com 5-16%.

DEMATTE et al (8), trabalhando com dois perfis da série Guanium, encontraram, para a composição mineralógica da fração argila, os seguintes resultados: caulinita (50-83%), gibbsita (2,0-8,9%), mica (2,0-28%), vermiculita (4,0-8,0%) e material amorfo (1,2-22,5%). As conclusões foram de que os teores de mica e de material amorfo diminuem da rocha para os horizontes superiores, e que os teores de caulinita decrescem em profundidade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Na elaboração do presente trabalho foram utilizados os materiais e métodos descritos a seguir:

#### 3.1 - Material

Como material serão descritos solos e equipamentos.

##### 3.1.1 - Solos

O trabalho proposto tem como um de seus objetivos o

estudo de intemperismo químico de solos de uma mesma catena, que possua perfis de boa drenagem e da drenagem pobre. Desta maneira pode-se estudar a ação da água no intemperismo. Para isso é preferível que o perfil de drenagem pobre esteja situado em uma bacia fechada, para que se possa estudar os perfis desenvolvidos em condições tais que os produtos de lixiviação não possam ser removidos para fora da bacia, por intermédio dos córregos ou rios.

Foram selecionadas três catenas de solos; duas no município de Piracicaba, com 2 perfis cada uma, e a terceira no município de Rio Claro, com 3 perfis. Nesta última catena coletou-se um perfil a mais, já que ela apresentou uma sucessão de dois grandes grupos de solos de boa drenagem, o que não aconteceu com as duas primeiras.

Para facilitar a discussão dos resultados, os perfis foram designados como estão indicados no Quadro 1. A classificação em grande grupo ou unidade de mapeamento foi feita de acordo com o trabalho da COMISSÃO DE SOLOS DO SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICA (7).

Quadro 1 - Designação dos perfis estudados e classificação pela COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7)

Perfil	Classificação de acordo com a Comissão de Solos do SNPA
P1	Latossol Roxo
P1Hi	Hidromórfico
P2	Latossol Vermelho Escuro - orto
P2Hi	Hidromórfico
P3	Latossol Vermelho Amarelo - fase arenosa
P4	Regossol
P4A1	Alúvio

Os solos das catenas estudadas, do município de Piracicaba, foram classificados a nível de série e de acordo com a 7ª Aproximação segundo RANZANI et al. (38). Essa classificação se encontra no Quadro 2.

Cortes transversais esquemáticos das catenas estudadas, assim como fotografias das áreas onde foram coletados os solos são apresentados nas figuras 1, 2 e 3 e fotos 1, 2 e 3.

A localização dos perfis estudados, assinalados sobre o mapa de solos do Estado de São Paulo, elaborados pela COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7), encontra-se na foto 4.

Quadro 2 - Classificação a nível de série e 7ª Aproximação (RANZANI et al. (38), das catenas estudadas no município de Piracicaba.

Perfil	Série	7ª Aproximação
P <sub>1</sub>	Luiz de Queiroz	Alfisol
P <sub>1</sub> Hi	Monte Olimpo	Entisol
P <sub>2</sub>	Guamium	Oxisol
P <sub>2</sub> Hi	Três Municípios	Ultisol

### 3.1.2 - Equipamentos

Dentre os equipamentos utilizados descrever-se-ão como principais os seguintes: Raios X e Térmico Diferencial.

#### 3.1.2.1 - Raios X

As análises difratométricas foram feitas no laboratório da Seção de Agrogeologia do Instituto Agronômico de Campinas, utilizando-se um aparelho Norelco, fabricação Philips Electronic Instruments, New York, USA. A fonte de radiação utilizada foi um tubo de cobre com filtro de níquel, a unidade de força trabalhou com 35 KW e 20 mA a velocidade de varredura foi de 20°/min e a velocidade do papel de 4°/pol. O contador Geiger operou com voltagem de 1 500 volts.

#### 3.1.2.2 - Aparelho Térmico Diferencial

As análises térmicas diferenciais foram feitas num aparelho Deltatherm, fabricado pelo Technicol Equipment Corporation, com as seguintes características: unidade básica com registro eletrônico com quatro canais, controle de incremento de temperatura de 10°C/min, dispositivo automático para limitação de temperatura, mufla tipo tubo vertical, temperatura máxima de operação 1 250 °C; porta-amostra com 9 cavidades.

### 3.2 - Métodos

Os métodos utilizados para o estudo proposto serão descritos a seguir na sequência de sua utilização.

#### 3.2.1 - Obtenção das Amostras

Nos solos de boa drenagem a coleta das amostras, bem como o exame e a descrição morfológica dos perfis, foram feitos em trincheiras com as dimensões estipuladas (2 x 1,5 x 2 m). A partir de dois metros de profundidade as amostras foram obtidas com o emprêgo do trado, utilizando-se extensões que per

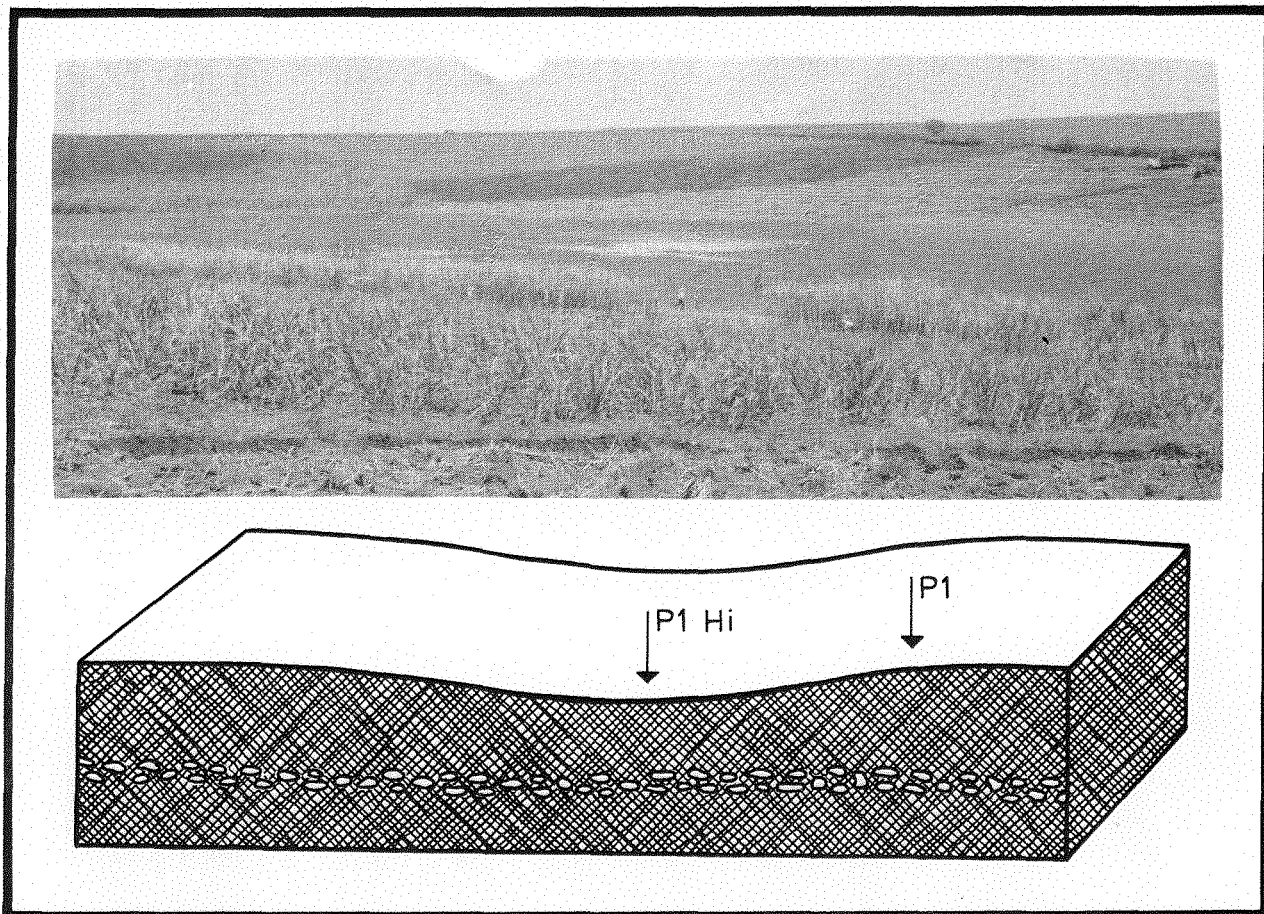


FOTO 1 – FIGURA 1 – Catena formada pelos perfis P1 e P1Hi

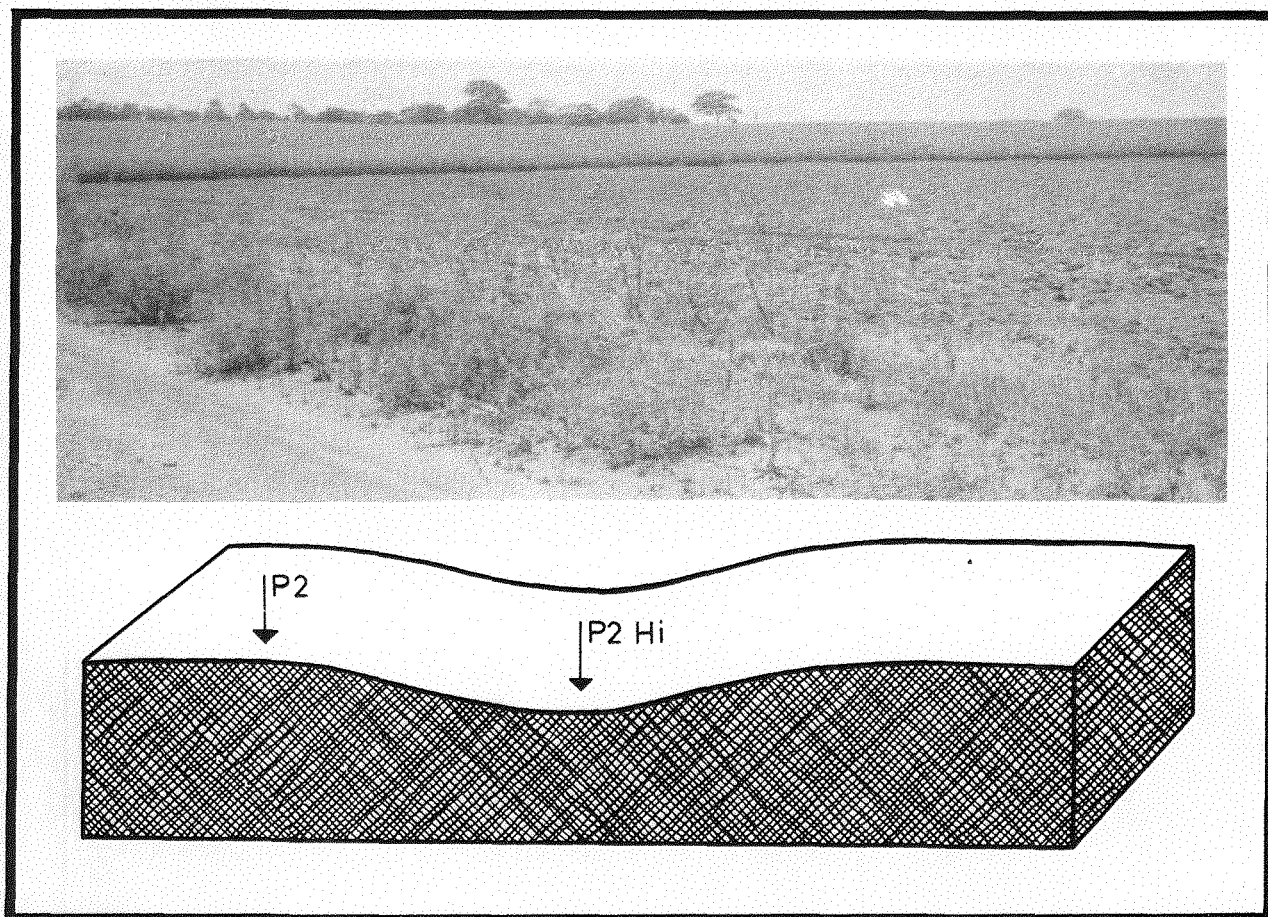


FOTO 2 – FIGURA 2 – Catena formada pelos perfis P2 e P2Hi

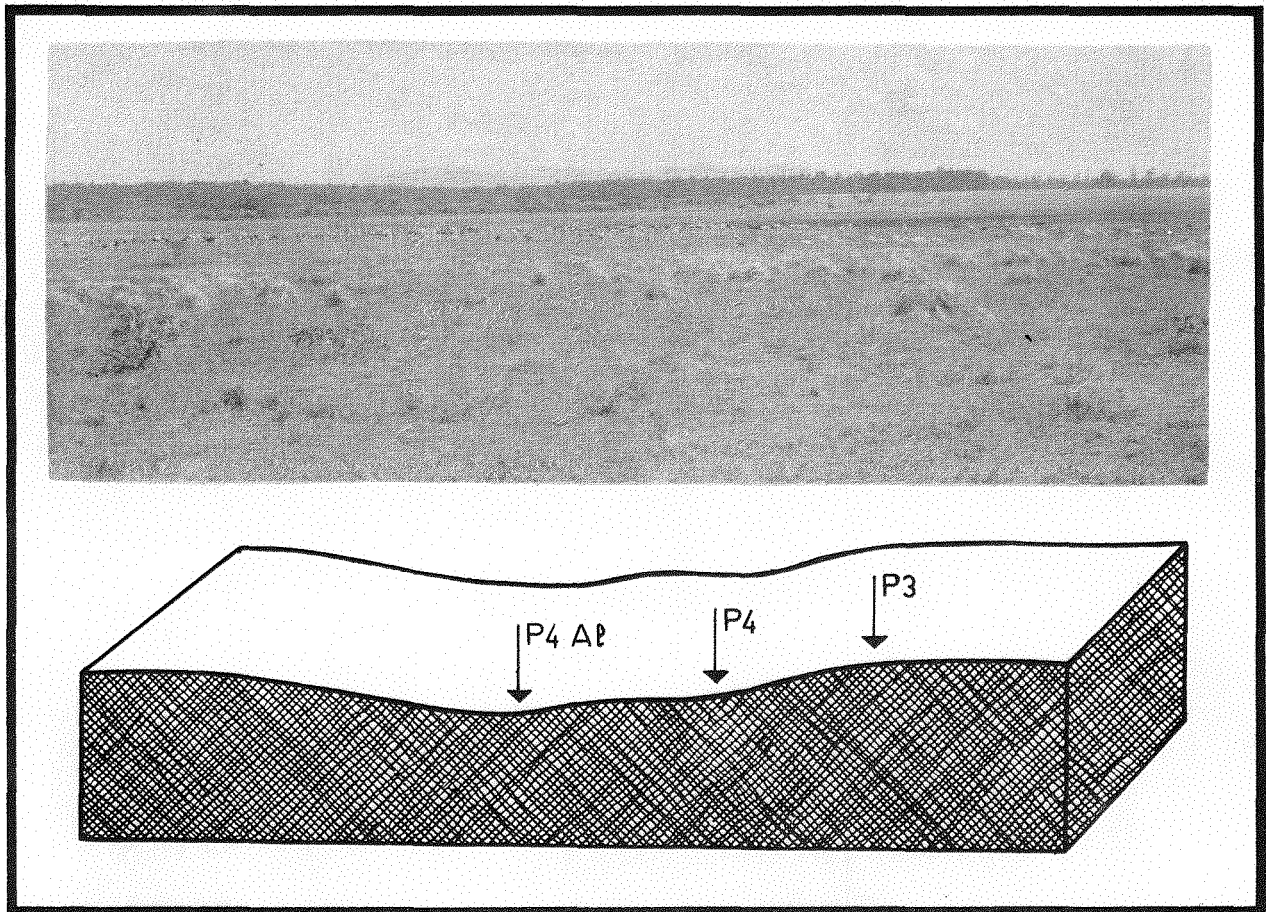


FOTO 3 – FIGURA 3 – Catena formada pelos perfis P3, P4 e P4A1

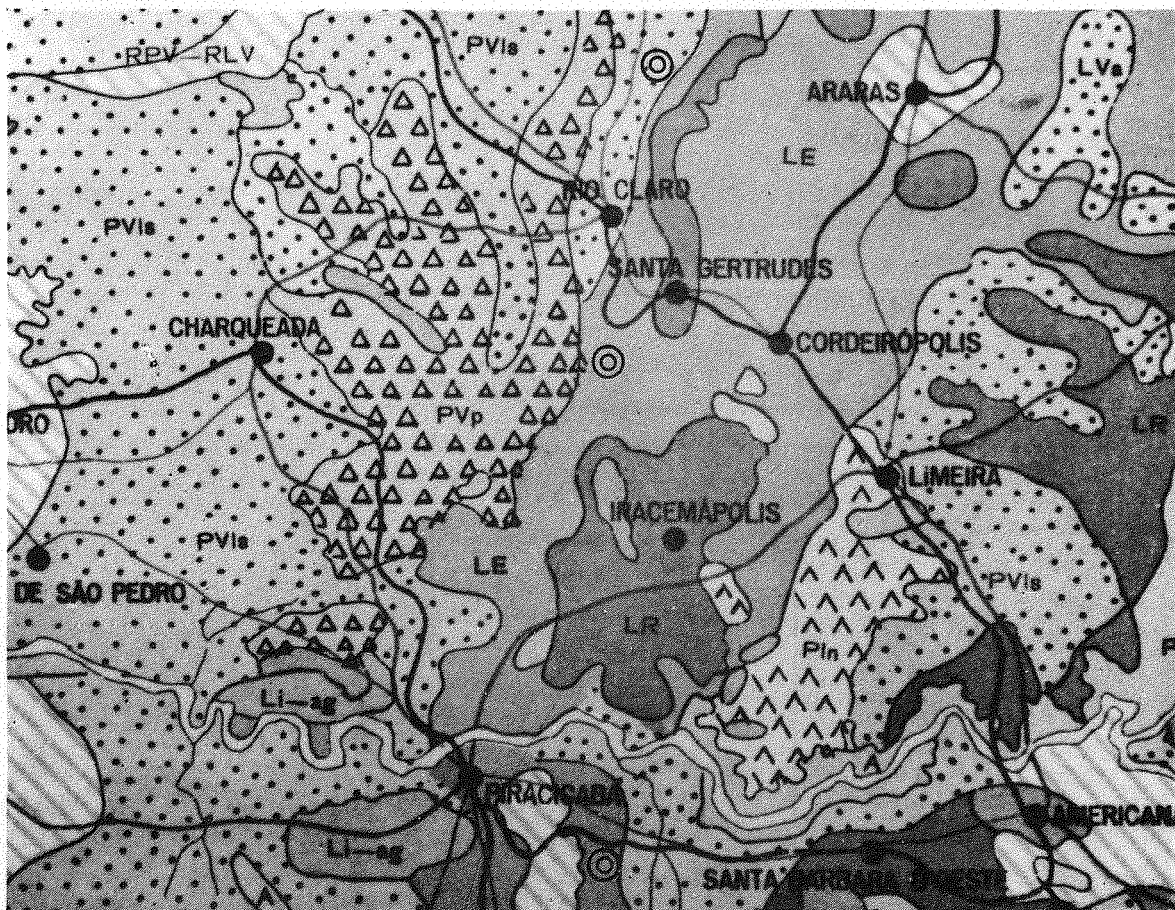


FOTO 4 – Mapa de solos da área estudada com a localização dos perfis.

nitiram ir a quatro metros ou mais de profundidade.

Em apenas um solo de drenagem pobre foi possível a abertura de trincheira: até um metro de profundidade. Nos outros dois usou-se somente o trado para a obtenção das amostras, até aproximadamente quatro metros.

As amostras foram obtidas seguindo-se as recomendações usuais, coletando-se aproximadamente 2 quilos de terra de cada horizonte ou camada. Foram coletadas um total de 63 amostras nos sete perfis estudados.

As descrições morfológicas foram feitas, principalmente às recomendações de RANZANI (39).

### 3.2.2 - Análise da fração argila do solo.

Para uma completa dispersão dos colóides minerais do solo é necessária a remoção dos sais solúveis, cátions divalentes trocáveis e dos agentes cimentantes, como a matéria orgânica e óxidos de ferro livres.

#### 3.2.2.1 - Remoção dos sais solúveis e cátions divalentes trocáveis.

O método usado foi descrito por JACKSON (21) e consiste no tratamento a quente, por 30 minutos, da amostra de solo com uma solução tampão ligeiramente ácida - pH 5,0 de acetado de sódio.

Em um copo de pirex de 500 ml colocaram-se 30 g de TFSA e sobre ela adicionaram-se 250 ml da solução de acetado de sódio, levando-se o copo ao banho-maria. Passados os 30 minutos, a suspensão é retirada e colocada em repouso para decantar. Depois da decantação, o sobrenadante é sifonado e nova lavagem foi feita com a solução de acetado de sódio e aquecimento por 30 minutos.

#### 3.2.2.2.- Oxidação da matéria orgânica e eliminação do $MnO_2$ .

A oxidação da matéria e a eliminação do  $MnO_2$  são conseguidas tratando-se a amostra de solo em meio ligeiramente ácido com peróxido de hidrogênio a 30%, como preconiza JACKSON (21).

A amostra sem sobrenadante do tratamento anterior foram adicionados 5 ml de  $H_2O_2$  a 30%, deixando-se reagir por alguns minutos; abrandada a reação, colocou-se o copo no banho-maria, a temperatura de 65-70°C. Decorridos 15 minutos, adicionaram-se mais 5 ml de  $H_2O_2$ . Outros 5 ml foram adicionados após novo intervalo de 15 minutos, finalmente mais 10 ml após a reação ter abrandado, tomando-se o cuidado de vedar bem o copo com o vidro de relógio e deixando aquecer por 2 a 4 horas. Em seguida, o vidro de relógio foi retirado e a amostra evaporada até uma pasta rala, tendo-se o máximo cuidado para não deixar secar.

A operação foi repetida para as amostras que ainda apresentaram reação de oxidação, obedecendo-se os mesmos princípios

da operação anterior. Após a oxidação da matéria orgânica, a amostra foi lavada 3 vezes com uma solução de cloreto de sódio a 2,5%.

### 3.2.2.3 - Remoção do óxido de ferro livre.

O método utilizado para a remoção do óxido de ferro livre foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio descrito por JACKSON (21), que é o seguinte: à amostra vinda dos tratamentos anteriores foram adicionados 40ml de citrato de sódio 0,3 M e 5 ml de bicarbonato de sódio 1 M, aquecendo-se em banho-maria até que, por controle de temperatura, ela estava entre 75-80°C. A esta temperatura adicionou-se uma colher das de chá de ditionito ( $\pm$  2 g) e agitou-se constantemente durante 5 minutos. Após este tempo, agitações intermitentes foram feitas durante os 10 minutos restantes. O controle da temperatura foi feito durante todo o tempo do tratamento.

Passados os 15 minutos a amostra foi retirada do banho-maria e colocada para esfriar, em seguida adicionaram-se mais ou menos 400 ml de uma solução de cloreto de sódio a 2,5% para promover a floculação dos colóides. Em intervalos de 24 horas, o sobrenadante foi sifonado e novamente adicionou-se o mesmo volume da solução de cloreto de sódio até que o sobrenadante permaneceu incolor.

Repetiu-se o tratamento até que a amostra ficasse clara ou ligeiramente cinza, o que indica a eliminação do óxido de ferro livre.

Nos solos ricos em óxido de ferro, como o Latossol Roxo, este tratamento trouxe alguns inconvenientes, como precipitação de sulfeto, cor verde-escuro intensa do sobrenadante e oxidação do ferro reduzido no intervalo das 24 horas, formando uma camada de "ferrugem" na superfície do sobrenadante.

Fazendo uma rápida revisão bibliográfica sobre o método do ditionito, achou-se que estava havendo deficiência tanto do complexante como da solução tampão.

Para estes solos, quando se usaram 67 ml de citrato de sódio e 7 ml de bicarbonato de sódio, os inconvenientes citados foram sanados.

### 3.2.2.4 - Dispersão e fracionamento da argila.

Concluídas as operações descritas anteriormente, procedeu-se à dispersão e ao fracionamento da argila.

A dispersão foi conseguida empregando-se o método descrito por JACKSON (21). A fração areia total, isto é, partículas maiores de 50  $\mu$ , foi separada por tamisação. O conteúdo do copo de pirex foi derramado em um tamis de 0,05 mm de malha, acoplado em um funil instalado em um suporte metálico e recebido em uma proveta de 1 000 ml. A areia retida no tamis foi levada com água destilada até que o volume da proveta alcançasse mais ou menos 900 ml. A fração do diâmetro inferior a 50  $\mu$ , isto é, limo e argi



Ja contidas na proveta de 1 000 ml, foi agitada com um agitador manual, completado o volume e deixado em repouso.

Pela lei de Stokes (KILMER e ALEXANDER, 27), foi calculado o tempo suficiente para que as partículas com diâmetro superior a 2  $\mu$  alcançassem determinada profundidade e, então, procedeu-se à sifonação das partículas com diâmetro inferior a 2  $\mu$ , ou seja, a fração argila, para um balão de 6 litros. O volume da proveta foi novamente completado com água destilada, agitou-se para uniformizar a solução e deixou-se em repouso; após decorrido o mesmo intervalo de tempo, fêz-se nova sifonação, transferindo-se para o balão o mesmo volume da operação anterior.

Estas operações foram repetidas até que o líquido sobrenadante permaneceu incolor, indicando que não havia mais fração argila.

A fração argila contida no balão foi floculada com uma solução normal de KCl e transferida para um vidro devidamente etiquetado.

### 3.2.2.5 - Preparo e montagem de amostras orientadas.

Uma porção de argila em suspensão ( $\pm$  100 mg) foi transferida para tubo de centrífuga de 15 ml e procedida a saturação com  $K^+$  (Solução N de KCl). Outra porção maior da mesma argila em suspensão ( $\pm$  400 mg) foi transferida para tubo de centrífuga de 100 ml e feita a saturação com  $Mg^{+2}$  (Solução N de  $MgCl_2$ ). Ambos os métodos utilizados foram recomendados por JACKSON (21). Feitas as saturações, procedeu-se à eliminação do excesso de cloreto, empregando-se a seguinte sequência de lavagem: (a) 100% de água, (b) metanol a 100%, 2 vezes, (c) metanol e acetona 1:1 e (d) 100% de acetona. Usando-se esta sequência de lavagem, não houve problema com dispersão de argila, tão comum nos Latossóis Roxos.

Para testar a ausência ou presença de cloreto, foi feito teste com uma solução de nitrato de prata a 1%. Aquela amostra que apresentou sinais de presença de cloreto foi submetida a lavagem suplementar com metanol a 100%.

Uma vez eliminado o excesso de cloretos, teve início a preparação de lâminas para serem submetidas à difração dos raios-X. As lâminas foram preparadas segundo o método de HARWARD e THEISEN (17) e que consiste em distribuir, uniformemente sobre uma lâmina de vidro (2,6 x 4,6 x 0,2 cm), certa quantidade de pasta de argila de modo a formar uma camada bem fina do material para conseguir uma orientação preferencial dos argilo-minerais. Para isso usa-se uma espátula.

As lâminas contendo argila saturada com  $K^+$  e sêca a 25°C foram levadas diretamente ao aparelho de raios-X e irradiadas no intervalo de 20 a 28° - 2 $\theta$ , sendo denominados "naturais". Posteriormente estas mesmas lâminas foram aquecidas a 350°C e 550°C, recebendo a denominação de "aquecidas", e irradiadas no mesmo intervalo que as "naturais".

As lâminas saturadas com  $Mg^{+2}$  foram sêcas na presença

de glicerol, em um dessecador, onde se fêz vácuo, à temperatura não superior a 35°C, durante 24 horas e irradiadas no mesmo intervalo que as anteriores. Foram denominadas "glicoladas".

### 3.2.2.6 - Reconhecimento dos minerais de argila.

A identificação dos diversos minerais de argila foi feita com o auxílio da difração dos raios-X. Os espaçamentos basais de 1ª ordem levados em conta para a identificação encontram-se no Quadro 3, que foi adaptado dos dados fornecidos por JOHNSON et al (24) e JACKSON (21).

Quadro 3 - Influência dos diversos tratamentos no espaçamento basal dos minerais de argila (JOHNSON et al, (24) JACKSON (21)).

Tratamentos	Espaçamento basal ANGSTRON - Å						
	Gibbsita	Cau-linita	Mica	Montmorilonita	Vermiculita	Vermiculita Al	Clo-rita
Mg-glicolada	4,85	7,2	10	17	14	14	14
K -natural	4,85	7,2	10	14	10	10-14	14
K - 350°C	x x	7,2	10	10	10	10-14	14
K - 550°C	x x	x x	10	10	10	10-14	14

### 3.2.3 - Análise quantitativa dos minerais de argila.

Os minerais de argila que foram determinados quantitativamente e os métodos utilizados em cada determinação serão descritos a seguir.

#### 3.2.3.1 - Mica

A determinação quantitativa deste mineral de argila foi feita usando-se o método recomendado por JACKSON (21) e tomando-se como base que 10% de K<sub>2</sub>O corresponde a 100% de mica.

O potássio total da fração coloidal do solo foi determinado, seguindo-se o método descrito por JACKSON (22). Em um cadinho de platina colocou-se uma quantidade conhecida de argila que foi previamente saturada com Mg<sup>+2</sup>, seca a 105-110°C na estufa e moída em gral de ágata. Umedeceu-se a amostra, adicionaram-se mais ou menos 10 ml de ácido fluorídrico a 1 ml de ácido perclórico e aqueceu-se em banho de areia à temperatura de 200-230°C até secar. Ao resíduo seco juntaram-se 5 ml de HCl 6N seguido de aquecimento no banho de areia até que formasse uma pasta, momento em que foi retirado. Depois de frio lavou-se o conteúdo do cadinho com água destilada e transferiu a solução para um balão de 100 ml. Fizeram-se 5 lavagens. A solução do balão foi neutralizada com hidróxido de amônio (1:1), completado o volume e filtrado, usando-se papel de filtro de alta retenção. No extrato determinou-se o potássio através do fotômetro de chama.

A solução padrão de potássio, com 20 ppm, foi preparado com um extrato obtido tratando-se o cadinho vazio e seguindo o método descrito acima.

### 3.2.3.2 - Vermiculita e Montmorilonita.

A vermiculita foi determinada baseando-se no princípio da diminuição da C.T.C. da argila pela fixação de potássio, após aquecimento a 105-110°C, durante 12 horas, conforme método proposto por ALEXIADES e JACKSON (1). Uma amostra de argila em suspensão de peso conhecido e próximo a 100 miligramas foi colocada em tubo de centrífuga de 15 ml e saturada com cálcio por meio de 5 lavagens com uma solução normal de CaCl<sub>2</sub>. O excesso de cloreto foi eliminado pelo método descrito em 3.2.2.5. O Ca<sup>+2</sup> foi trocado pelo Mg<sup>+2</sup> por lavagens de 10 ml cada, com uma solução normal de MgCl<sub>2</sub>. O cálcio trocado foi determinado no extrato diluído para 100 ml com água destilada para obter aproximadamente uma solução 0,5 N de MgCl<sub>2</sub>. A determinação do cálcio foi feita com o auxílio de um espectro fotômetro de absorção atômica.

A saturação com K<sup>+</sup> de uma amostra semelhante de 100 mg foi conseguida por 5 lavagens com uma solução normal de KCl. Removido no excesso de cloreto, como foi feita para o cálcio, a amostra saturada com K foi seca por uma noite na estufa a 105-110°C.

O peso da amostra base foi determinada pesando uma alíquota semelhante à saturada com K e saturada com Ca.

O potássio não fixado foi trocado por 5 lavagens de 8 ml cada, com uma solução normal de NH<sub>4</sub>Cl. 20 ml de NH<sub>4</sub>OAC foram adicionados ao potássio deslocado para dar 0,2 N em um volume final de 100 ml. O potássio foi determinado no fotômetro de chama e expresso em m.e./100 g da amostra seca e calculada a C.T.C. (K/NH<sub>4</sub>).

A diferença entre estas duas C.T.C. é a carga de intercâmbio atribuída à vermiculita. Assim:

$$\% \text{ verm.} = \frac{\text{CTC (Ca/Mg)} - \text{CTC (K/NH}_4\text{)}}{154} \times 100$$

$$\% \text{ Mont.} = \frac{\text{CTC (K/NH}_4\text{)} - (5 + 105 \text{ Amor.})}{105} \times 100$$

Quando a relação molar SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do material amorfo (Alofana) for inferior a três, elimina-se 105 amor. da fórmula para cálculo da montmorilonita.

### 3.2.3.3 - Caulinita e Gibbsita

A caulinita e a gibbsita foram determinadas por análise térmica diferencial, utilizando-se um método semelhante ao descrito por DIXON (13). A fração argila foi diluída de 20% com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> previamente calcinado a 950°C, em vez de asbestos como foi proposto pelo autor. A curva de calibração foi obtida utilizando-

Se caulinita da Flórida, USA, saturada com Mg, tendo-se usado a fração fina de argila, compreendida entre 0,2 a 0,8 micron. A curva de calibração da gibbsita foi obtida utilizando-se material puro de Minas Gerais, o qual foi diluído em  $Al_2O_3$  calcinado. A mistura de caulinita ou gibbsita com  $Al_2O_3$  foi feita cuidadosamente a fim de obter uma mistura homogênea. A percentagem de caulinita ou de gibbsita foi calculada da seguinte maneira:

$$\frac{\% \text{ caulinita}}{\% \text{ gibbsita}} = \frac{\% \text{ caulinita ou gibbsita obtida na curva}}{\% \text{ argila na mistura com } Al_2O_3} \times 100$$

As curvas de calibração para caulinita e gibbsita contram-se na figura 4a.

### 3.2.3.4 - Material Amorfo

Empregou-se nesta análise o método proposto por ALIENES e JACKSON (1), que mandam tratar, em copo de níquel, um peso conhecido de argila seca, próximo a 100 ml, com uma solução 0,5 N de NaOH fervente, durante dois minutos e meio, seguido de um resfriamento brusco.

O silício e o alumínio foram determinados colorimetricamente. Para o silício usou-se o método do ácido molíbdico amarelo (JACKSON, 22) e, para o alumínio, o método do Alumínon de HSU (18).

A quantidade de material amorfo é dada pela soma da %  $SiO_2$  + %  $Al_2O_3$  + 20% de  $H_2O$ , após a subtração da percentagem de óxido de alumínio equivalente a gibbsita determinada por análise térmica diferencial.

### 3.2.4 - Análise mecânica do solo.

Na determinação das classes de separados do solo foi usado o método da pipeta descrito por KILMER e ALEXANDER (27), empregando como dispersante uma solução de Hexametáfosfato de sódio.

A fração areia foi subdividida em 5 subfrações, de acordo com a escala utilizada pelo Soil Survey Manual (41).

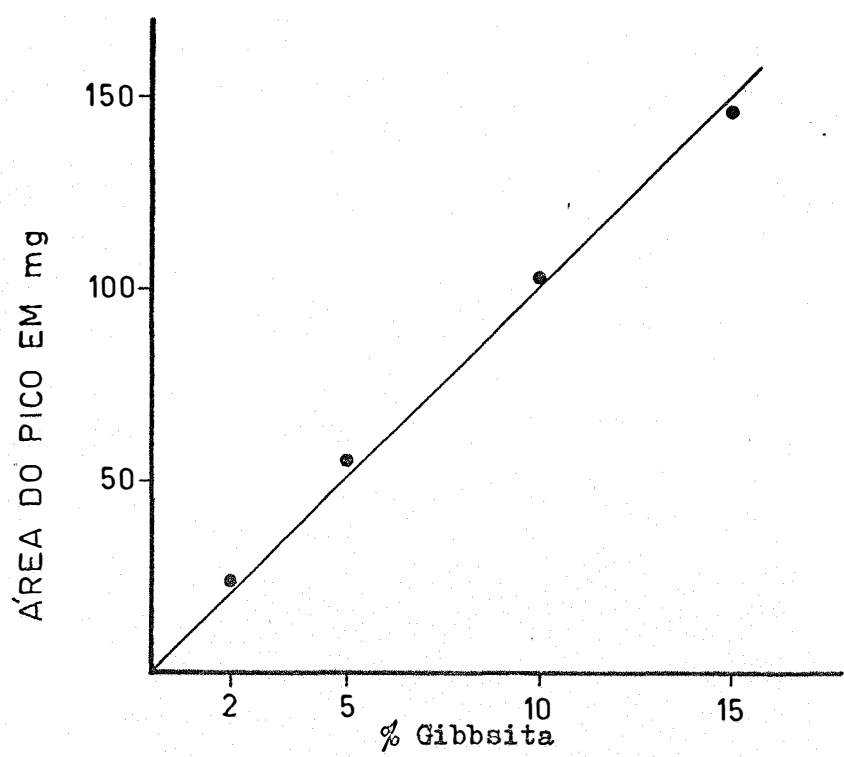
A argila natural (dispersa em água) foi determinada, pelo mesmo método, e usando a água como dispersante.

### 3.2.5 - Análise química do solo.

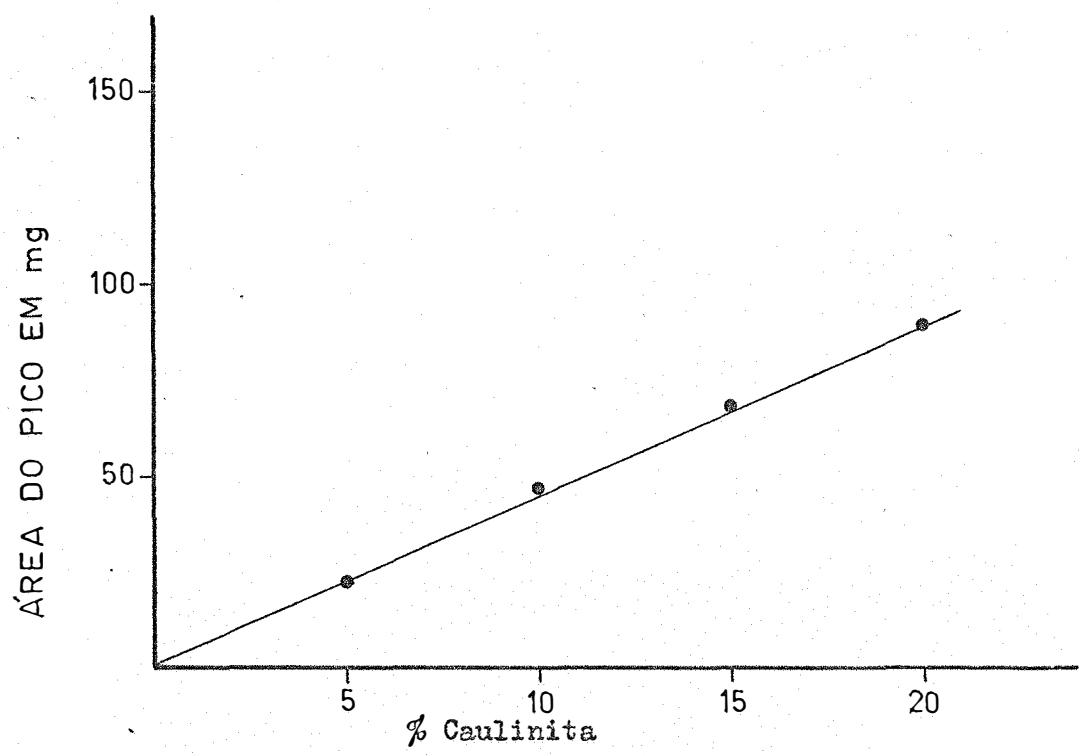
A capacidade de troca de cátions foi feita pelo método do EDTA, como preconiza DA GLÓRIA et al (10).

As determinações do cálcio e do magnésio trocáveis foram conduzidos utilizando-se o método do EDTA, de acordo com as recomendações de DA GLÓRIA et al (10). O potássio, o hidrogênio e o alumínio foram determinados através das especificações de CATANI et al (6). O pH foi determinado com um potenciômetro "Leeds e Northup", usando-se uma relação solo/água e solo/KCl de 1:1.

O ferro livre do solo foi determinado pelo método da Ortófenantrolina, modificado por JACINTO et al (19).



CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA GIBBSITA POR ATD



CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA CAULINITA POR ATD

Fig. 4a- Curvas de calibração para caulinita e gibbsita por ATD.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E DOS PERFIS DE SOLOS

A localização dos municípios de Piracicaba e Rio Claro, no Estado de São Paulo, a formação geológica dos locais onde foram retiradas as amostras de solo para estudo, a cobertura vegetal da área, bem como a descrição dos perfis, serão abordados a seguir:

##### 4.1 - Localização dos municípios

Os municípios de Piracicaba e Rio Claro, onde se colheram as amostras de solo para o presente estudo, estão situados na parte centro-leste do Estado de São Paulo, logo acima do Trópico de Capricórnio. As coordenadas geográficas da sede desses municípios são  $22^{\circ} 44'$  de latitude sul e  $41^{\circ} 39'$  de longitude W. Gr., para Piracicaba, e  $22^{\circ} 24'$  de latitude sul e  $47^{\circ} 33'$  de longitude W. Gr., para Rio Claro.

A figura 4 mostra a posição dos municípios em relação ao Estado.

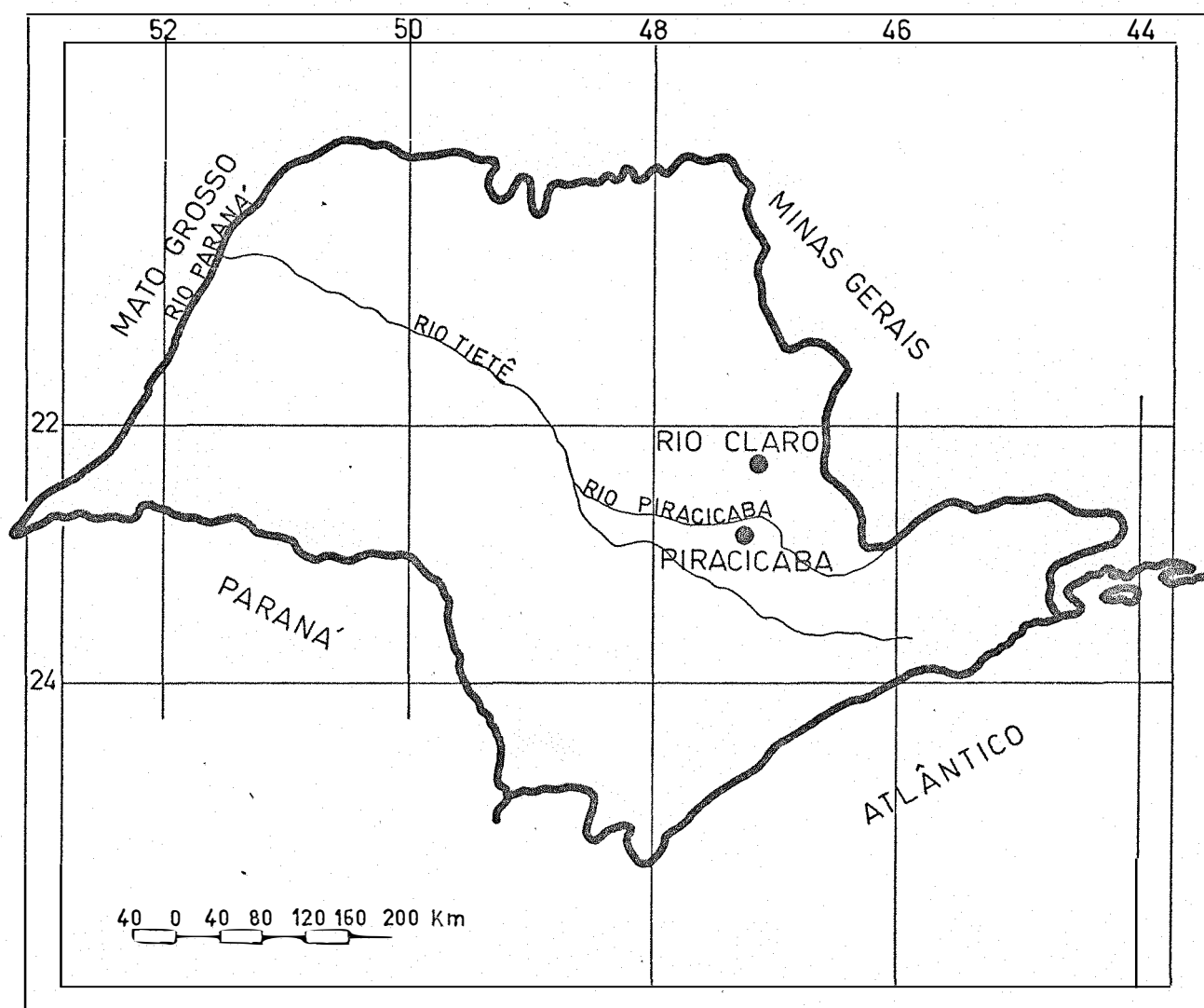


Fig. 4 - Posição dos municípios de Piracicaba e Rio Claro em relação ao Estado de São Paulo.

## 4.2 - Formação Geológica

O município de Piracicaba, estudado geologicamente por MEZZALIRA (33), está contido na fôlha geológica homônima que é descrita como sendo uma região de relevo suave, formas topográficas não acentuadas a altitude entre 500 e 700 metros.

Os perfis P<sub>1</sub> e P<sub>1</sub>Hi estão localizados na formação Irati, do grupo Estrada Nova, como mostra a foto 5. Esta formação é representada por folhelhos pirobetuminosos, dolomitos, siltitos e sílex.

Os perfis P<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>Hi têm suas localizações no mesmo grupo Estrada Nova, mas pertencendo à formação Corumbataí, foto 6, que litologicamente está representada por siltitos cimentos na base, siltitos e folhelhos variegados, sílex e, mais raramente, arenitos calcários.

O município de Rio Claro faz parte da fôlha geológica de São Carlos, publicada por MEZZALIRA (33), que descreve o relevo como tendo as cotas superiores a 700 metros atingindo até 1000 metros nas partes N, NW, SW, e NE, ficando as partes E, SE e S, com as cotas inferiores de 700 metros, chegando até o mínimo de 550 metros.

Os perfis P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>4</sub>Al, estão localizados em um sedimento descrito como sendo depósito mais antigo do Cenozóico, situado duvidosamente no Pleistoceno, foto 7, constituídos por arenitos, areias, cascalhos e argilas contendo restos de vegetais.

Êstes sedimentos nesta região, estão assentados sobre a formação Corumbataí.

## 4.3 - Clima

O clima da região é classificado, de acordo com o sistema de Koppen (COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA, 7), como sendo do tipo Cwa, ou seja, mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total das chuvas do mês mais seco não vai além de 30 mm e o índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm.

O balanço hídrico da região de Piracicaba, segundo Thornthwaite (RANZANI et al, 38), está apresentado no diagrama da figura 5.

Observa-se no diagrama que durante 4 meses do ano, julho a outubro, há "deficit" de água no solo e nos 8 meses restantes há excesso de água.

A cobertura vegetal das terras de Piracicaba ao que tudo indica, pertenceu ao subtipo floresta latifoliada tropical, RANZANI et al (38). A da região estudada de Rio Claro é do tipo cerrado.

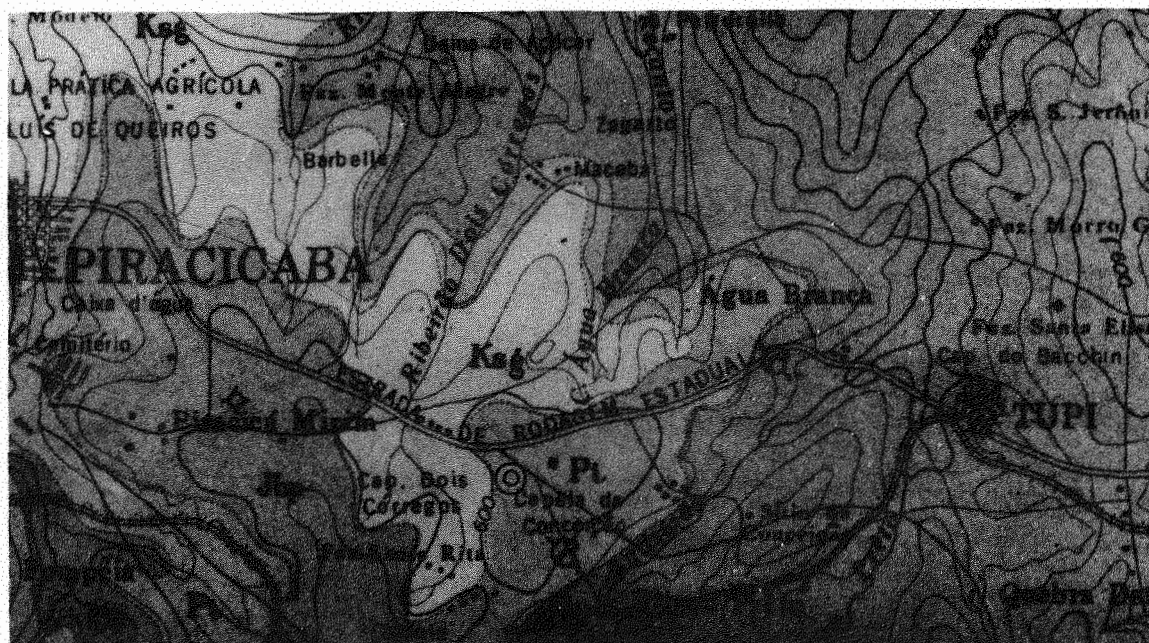


FOTO 5 – Mapa geológico da área com a localização dos perfis P1 e P3Hi  
Pi – Grupo Estrada Nova – Formação Irati

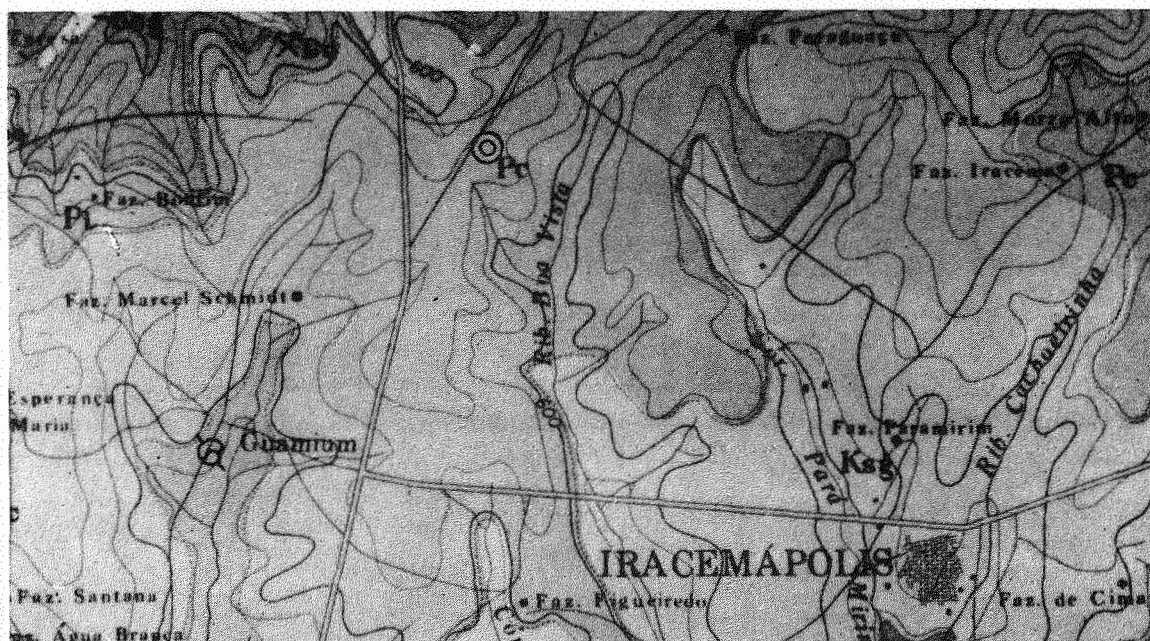


FOTO 6 – Mapa geológico da área com a localização dos perfis P2 e P2Hi  
Pc – Grupo Estrada Nova – Formação Corumbataí



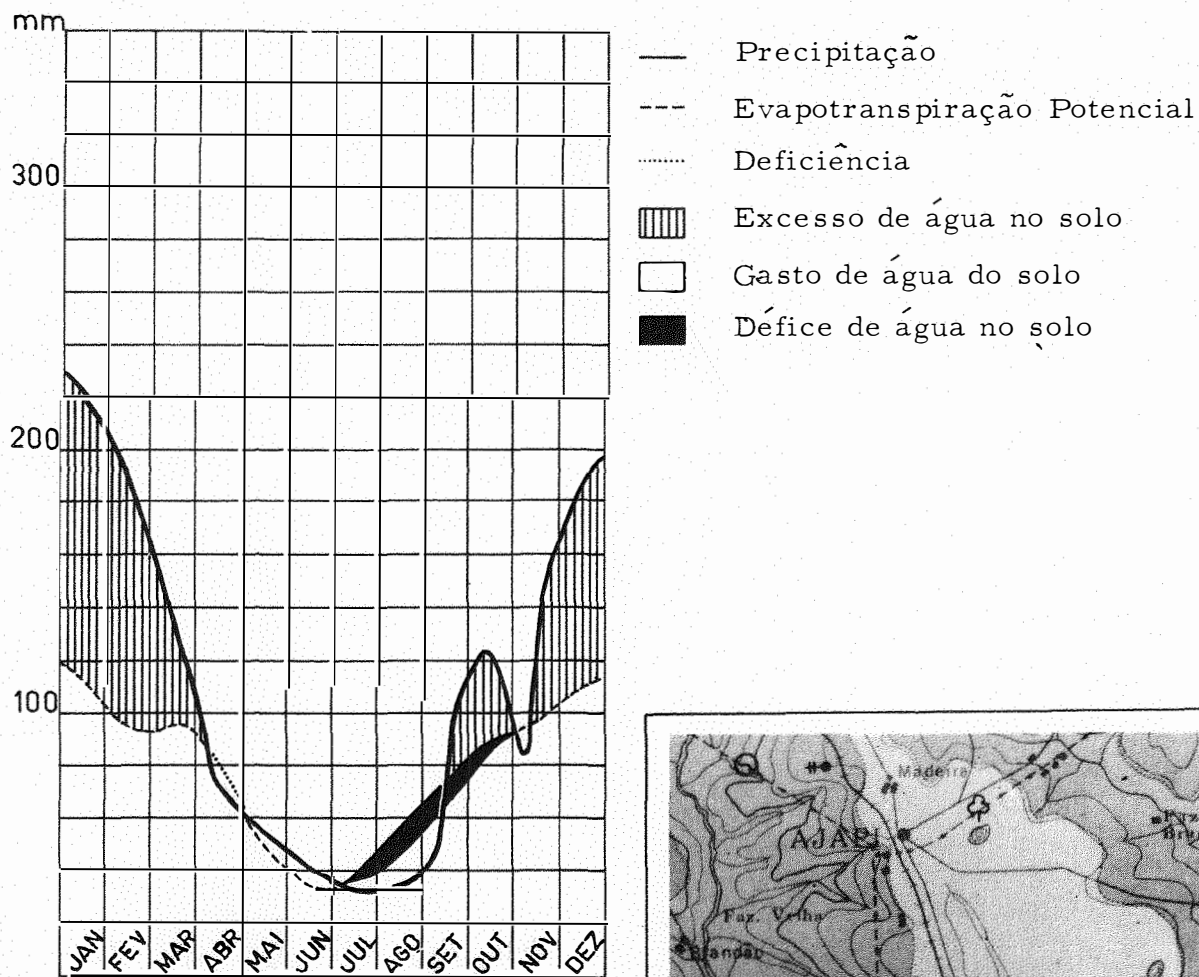


FIGURA 5 - Balanço hídrico (Thornthwaite, 1955) da região de Piracicaba, segundo RANZANI et al (38).

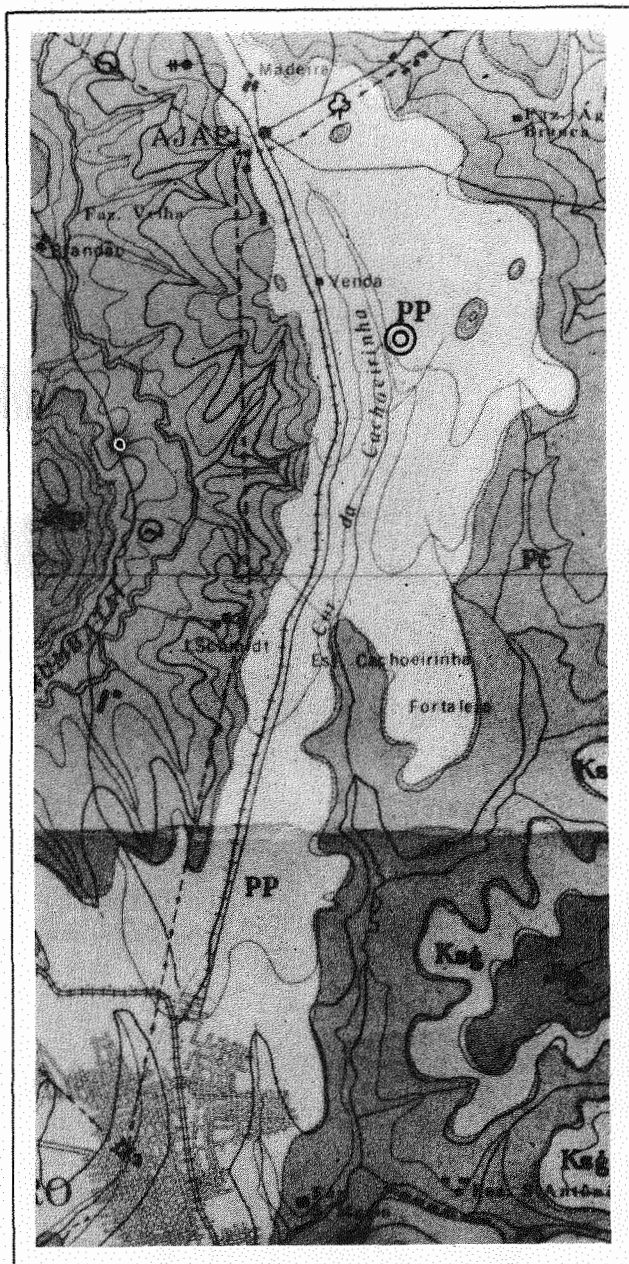


FOTO 7 - Mapa geológico da área com a localização dos perfis P3, P4 e P4A1.  
PP - (Pleistoceno?). Arenitos, areias, cascalhos, argilas e vegetais fósseis.

#### 4.4 - Localização e descrição dos perfis de solos

Os perfis P<sub>1</sub> (Latossol Roxo) e P<sub>1</sub>Hi (Hidromórfico), podem ser classificados como séries Luiz de Queiroz e Monte Olimpo, respectivamente, segundo RANZANI et al (38). Esses solos estão localizados no município de Piracicaba, a 12 quilômetros da cidade e a 2 da margem direita da rodovia asfaltada que a liga a Santa Bárbara d'Oeste. O relevo é ondulado. O perfil P<sub>1</sub> foi descrito e amostrado em trincheira com 2 metros de profundidade, numa situação de meia encosta e com as seguintes características: altitude 572 m; declividade 6%; drenagem do solo boa e cobertura vegetal com cana-de-açúcar.

O perfil P<sub>1</sub>Hi, por sua vez, foi amostrado na parte mais baixa e plana do declive, com altitude de 570 m e cobertura vegetal com cultura de arroz. A drenagem do solo é muito pobre. Devido ao excesso de água, não foi possível a abertura de trincheira. As amostras foram coletadas com auxílio do trado.

As principais características morfológicas destes dois perfis estão descritos no Quadro 4.

Os perfis P<sub>2</sub> (Latossol Vermelho Escuro-orto) e P<sub>2</sub>Hi (hidromórfico), podem ser classificados como séries Guamium e Três Municípios, respectivamente (38) e estão localizados no município de Rio Claro, a 15 quilômetros de Piracicaba e a 2 da margem direita da rodovia asfaltada Piracicaba-Rio Claro. O relevo é ondulado. O perfil P<sub>2</sub> foi descrito e amostrado em trincheira com 2 m de profundidade no topo do declive, e com as seguintes características: altitude 714 m, drenagem do solo boa e cobertura vegetal de mata latifoliada.

O perfil P<sub>2</sub>Hi, por sua vez, foi descrito e amostrado em trincheira de 1 metro de profundidade, localizada na parte mais baixa e plana do declive e com as seguintes características: altitude 690 m, drenagem muito pobre e cobertura vegetal com cultura de arroz.

As principais características morfológicas destes perfis estão descritos no Quadro 5.

Os perfis P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>4</sub>Al, representando respectivamente um Latossol Vermelho Amarelo, fase arenosa, um Regossol e um Alúvio, estão situados no município de Rio Claro, na fazenda da Secretaria da Agricultura do Estado, a 20 quilômetros da cidade. O relevo é suavemente ondulado.

O perfil P<sub>3</sub> foi descrito e amostrado em trincheira de 2 metros de profundidade, numa situação de meia encosta e com as seguintes características: altitude 710 m; drenagem do solo é boa e excessiva e cobertura vegetal com cultura de eucalipto.

O perfil P<sub>4</sub> foi descrito e amostrado em trincheira com 2 metros de profundidade situado no pé do declive e com as seguintes características: altitude 705 m; drenagem do solo é excessiva e a cobertura é gramínea nativa.

O perfil P<sub>4</sub>Al foi amostrado em uma bacia, logo abai-

Quadro 4 - Características morfológicas dos ferfis Pl e PIHi

Hori- zon- tes	Profum- idade cm	Côr úmida		Textura	Estrutura	Consistência	Pragmento de rocha
		Matriz	Mosqueado				
Perfil Pl							
Ap	0-23	5YR 3/3		a.	bl, gr, md, mod.	lig.duro, fr.pl e peg	
* B21	23-73	2,5YR 3/6		a.	bl, gr, md, . for.	lig.duro, fr.pl e peg	
B22	73-140	2,5YR 3/4		a.	bl, md, fra, macio	m.fr, lig,pl,lig peg	
B23	140-304	2,5YR 3/4		a.	bl, peq. m. fra.	m.fr, lig.pl, lig.peg	1 pedra
B24	304-347	2,5YR 3/4		a.			
IIB3	347-391	2,5YR 3/4		b.a.			
IIC1g	391-412	2,5YR 4/4	N5 e 10YR 6/6	a.			
IIC2g	412-442+						
Perfil PIHi							
Ap	0-20			a			
2	20-123		10R 5/4	a			
3	123-156		5YR 5/8	a			
4	156-196		7,5YR 5/8 e 5YR 4/8	a			
5	196-225	7,5YR 5/8	N6 e 2, 5YR 6/8	a			
6	225-255	7,5YR 5/8	N6 e 2, 5YR 6/8	a			
7	255-293	7,5YR 5/8	5Y 5/2, N6 e 2,5YR 6/8				
8	293-340	2,5YR 5/2	5YR 5/8. N6				1 pedra

(\*) cerosidade fraca

bl = bloco, gr = granular, md = média; mod = moderada; peg = pequena; m= muito; lig = ligeiramente;  
pl = plástico; fr = friável; peg = pegajoso; l = linha; 2 = argila; ba = barro argiloso

Quadro 5 - Características morfológicas dos perfis P2 e P2Hi

Hori- zontes	Profun- didade cm	Côr úmido		Textura	Estrutura	Consistência úmida	Fragmento de rocha
		Matriz	Mosqueado				
<u>Perfil P2</u>							
A1	0-12	2,5YR 3/4		a	gr, md, mod	duro, fr, m.pl, m.peg.	
B1	12-55	2,5YR 3/6		a	bl, sub, ang. peq. mod	lig. duro, fr, pl e peg	
B21	55-90	2,5YR 4/6		a	gr. peq, fraco, macio	m.fr, pl e peg	
B22	90-240	2,5YR 4/6		a	gr, peq. fraco, macio	m.fr, pl e peg.	
B23	240-440	2,5YR 4/6		a			
<u>Perfil P2Hi</u>							
Ap	0-25	10YR 3/4		a	bl, prism, md	fr, pl e peg.	
B1g	25-53	5Y 6/1	7,5YR 4/4	a	bl, prism, md, mod	fr, m.pl, m.peg.	
B2g	53-85	10YR 5/1	2,4YR 2/2	a	bl, prism, md, mod	fr, m.pl, m.peg.	
B3g	85-130	10YR 4/1	2,5YR 2/2	a	bl, prism, md, mod	fr, m.pl, m.peg.	
IIC1g	130-180	2,5YR 6	2,5YR 2/2	a			
IIC2g	180-205	7,5YR 6/6	N6	a			
IIC3g	205-255	N8	10YR 8/8	a			
IVC4g	255-310	10YR 6/6	N6, 7,5YR 5/2	a			
IVC5g	310-330	5Y 6/2	5Y 8/6, 7,5YR 5/2	a			
IVR	330 +	N7	7,5YR 5/2	a			l. pedra

\* - Cerosidade fraca  
 bl = bloco; gr = granular; md = média; mod = moderada; peq. = pequena; m= muito; lig = ligeiramente;  
 pl = plástico; fr = friável; peg. = pegagoso; l = linha; prism = prismático; a = argila

Quadro 6 - Características morfológicas do perfil P3

Horizontes	Profundidade cm	Côr úmida		Textura	Estrutura	Consistência Úmido	Fragmento de rocha
		Matriz	Mosqueado				
Perfil P3							
Ap	0-25	5YR 3/2		b.ar.	maciço	fr. lig. pl	
A3	25-55	5YR 3/4		b.ar.	maciço	lig. peg.	
B1	55-105	5YR 4/8		b.a.ar.	maciço	fr. lig. pl.	
B21	105-155	5YR 4/6		b.a.ar.	maciço	lig. peg.	
B22	155-170	5YR 4/8		b.s.ar.	maciço	m. fr. lig.	
B23	170-220	5YR 4/6		b.a.ar.	maciço	pl. lig. peg.	
B31	220-270	5YR 4/8		b.s.ar.	maciço	m. fr. lig.	
B31	270-320	5YR 4/8		b.a.ar.	maciço	pl. lig. peg.	
B31	320-370	5YR 4/8		b.s.ar.	maciço	m. fr. pl. peg.	
B32	370 +	5YR 4/8		b.s.ar.	maciço		

fr. = friável; lig.pl. = ligeiramente plástico; lig.peg. = ligeiramente pegagoso; m.fr. = muito friável;

pl. = plástico; pl.peg. = plástico e pegagoso; b.ar. = barro arenoso; b.s.ar. = barro argilo arenoso

quadro ( - Características morfológicas aos perfils P4 e P4A1

Horizontes	Profundidade (cm)	Côr úmida		Textura	Esturura	Consistência úmida	Fragmento de rocha
		Matriz	Mosqueado				
<u>Perfil P4</u>							
A1	0-38	10YR 3/3	10YR 6/6	ar.	maciço	fr.	
A3	38-75	10YR 6/6	10YR 3/3	ar.b.	maciço	m.fr.	
C1	75-113	10YR 6/6		ar.b.	maciço	m.fr.	
C1	113-138	10YR 6/8		ar.b.	maciço	m.fr.lig.pl.lig.peg.	
C2	138-163	10YR 7/8		ar.b.	maciço	m.fr.lig.pl.lig.peg.	
C2	163-213	10YR 5/8		ar.b.			
C2	213-263	10YR 5/8		ar.b.			
C3	263-313	10YR 6/8		b.ar.			
C3	313-363	10YR 6/8		ar.b.			
C4	363 +	7,5YR 5/8	5YR 5/8	ar.b.			
<u>Perfil P4A1</u>							
Ap	0-22	N3		ar.b.			
2	22-37	N5		b.ar.			
3	37-125	N7	N4	b.ar.			
4	125-185	N7	N5	b.ar.			
5	185-222	N7	2,5Y 7/8	b.a.ar.			
6	222-307	2,5Y 7/2	10YR 6/8	b.a.ar.			
7	307-367	2,5Y 7/2	10YR 7/6	b.a.ar.			
8	367-415	2,5Y 7/2	10YR 7/6	b.a.ar.			

bl = bloco; gr = granular; md = média; mod = moderada; peq. = pequena; m = muito; lig. = ligeiramente;  
 pl = plástico; fr = friável; peg = pegajoso; prism = prismático; gros = grosseira; l = linha; ar = arenoso;  
 b.ar = barro arenoso; ar.b. = areia barrento; b.a.ar. = barro argilo arenoso

po do perfil anterior. A altitude é de 704 m e a cobertura vegetal é de plantas da família das Juncáceas. A drenagem do solo é pobre. Devido ao excesso de água que o solo possuía, não foi possível a abertura de trincheira e consequentemente a descrição morfológica. As amostras foram obtidas com o auxílio de um trado amostrando-se até 4,15 metros.

As principais características morfológicas destes perfis estão descritos nos Quadros 6 e 7.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos a seguir os resultados mineralógicos obtidos e feita a classificação dos perfis de solos, segundo a 7ª Aproximação, até o nível de família, tendo como base as características físicas, químicas e morfológicas dos perfis.

### 5.1 - Resultados mineralógicos

Perfil P<sub>1</sub> é um Latossol Roxo descrito pela COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7) como sendo solos de coloração arroxeadada desenvolvidos de rochas eruptivas básicas. São ácidos a neutros com saturação em bases alta e baixa, não sendo unidade homogênea nesta característica diferencial. Apresentam teores elevados de óxido de ferro.

O teor de caulinita do perfil P<sub>1</sub> (Quadro 8) apresenta pequena variação em profundidade, em torno de 12%, para uma extensão de 4,42 m. Seus valores não são superiores a 77% (horizontes IIC<sub>2g</sub>) e nem inferiores a 65% (horizonte Ap.).

Observa-se que há uma ligeira diminuição do teor desse mineral em superfície, havendo em compensação um aumento no teor de gibbsita, o que está de acordo com a sequência normal de intemperismo proposta por JACKSON *et al* (20).

Embora esse solo seja originário de material retrabalhado, como é indicado pela linha de pedras (RUHE 40), tudo indica que esses dois materiais foram bem semelhantes, e que a diferença atualmente encontrada deva-se a uma alteração "in situ".

O material amorfo aparece nesse perfil com os valores inferiores a 17,2% (horizonte B<sub>21</sub>). A presença desse argilo-mineral em solos tropicais tem sido constatada por diversos autores como BATES (4), DEMATTE *et al* (9), MONIZ e JACKSON (36), CARVALHO e MONTGOMERY (5), ESCOBAR *et al* (14), MEDEIROS (29), e é atribuída à intemperização da mica.

Os teores de gibbsita são normalmente inferiores a 2,7% (horizonte Ap) e podem ser considerados muito baixos para Latossol Roxo. Os valores desse mineral apresentados pelo perfil P<sub>1</sub> não estão de acordo com os encontrados em outros trabalhos, com solos semelhantes. Assim é que MONIZ e JACKSON (36), trabalhando com alguns perfis de Latossóis Roxos, localizados tanto no planalto central (Ribeirão Preto), como na depressão periféri

ca (Campinas), encontram os valores para gibbsita sempre superiores a 15%, e na maioria dos perfis estudados este valor estava em torno de 40%. CARVALHO e MONTGOMERY (5), trabalhando com solos semelhantes da região de Ribeirão Preto, verificaram que os teores de gibbsita para os perfis estudados estavam entre 33 e 40%. Por outro lado, ESCOBAR et al (14), trabalhando com um perfil de solo classificado como Latossol Roxo, situado na depressão periférica, próximo a Piracicaba, encontram para gibbsita um valor máximo de 9,2%. Confrontando-se estes dados, pode-se sugerir que os Latossóis Roxos do município de Piracicaba são menos intemperizados do que os demais estudados até o momento. Outros estudos, no entanto precisam ser feitos para verificar se esta tendência será confirmada.

Os minerais de grade 2:1 (mica, vermiculita e montmorilonita) apresentam os teores sempre abaixo de 15%. A presença de vermiculita em solos tropicais já foi mencionada por MONIZ et al (36) e ESCOBAR et al (14), dentre outros, como sendo um produto intermediário do próprio intemperismo para a formação de caulinita via mica.

A identificação dos minerais de argila, encontrados no perfil P<sub>1</sub>, com exceção do material amorfo, pode ser feita através dos difratogramas da figura 6. A caulinita, na amostra natural, apresenta espaçamento de 7,2 Å e 3,5 Å que desaparecem com o aquecimento a 550°C. Um pequeno espaçamento de 4,8 Å na amostra natural, que desaparece com aquecimento a 350°C, identifica a gibbsita. A vermiculita é identificada pelo espaçamento de 14 Å que aparece na amostra natural, e contrai-se com aquecimento. A montmorilonita é reconhecida por um pico de pequena intensidade de 17 Å na amostra glicolada.

Outro meio de reconhecer a caulinita e a gibbsita é pela análise térmica diferencial. Os minerais do grupo da caulinita apresentam um pico endotérmico na região de 550-570°C e a gibbsita mostra um pico também endotérmico, na região de 300-310°C. Estes picos podem ser observados no termograma da figura 7.

A figura 8 mostra os difratogramas do perfil P<sub>1</sub>, numa sequência vertical dos diversos horizontes, onde se pode observar os picos da caulinita, vermiculita e gibbsita.

Perfil P<sub>1</sub>Hi é um solo de drenagem pobre e está situado na parte mais baixa da catena em que se encontra o perfil P<sub>1</sub>.

Fazendo-se uma análise geral dos dados mineralógicos do perfil P<sub>1</sub>Hi, apresentado no Quadro 8, nota-se um predomínio da caulinita sobre os demais minerais. Seus teores variam de 62,8% (horizonte Ap) a 73,5% (camada 4). Pode-se observar que a variação deste mineral, de acordo com a profundidade do solo, é pequena, em torno de 10,7% nos 3,40 m, e que seus valores são semelhantes aos apresentados pelo perfil P<sub>1</sub>. Segue-se à caulinita o material amorfo com teores inferiores a 17,1%, que por sua vez são também semelhantes aos apresentados pelo perfil P<sub>1</sub>.

O teor de montmorilonita apresentado por este perfil



é ligeiramente mais elevado do que o do seu perfil associado, porém com os valores inferiores a 10,9%.

O teor de mica e o de vermiculita são baixos, sendo o primeiro inferior a 2,4% e o segundo inferior a 9,7%. Estes teores são semelhantes aos do perfil P<sub>1</sub>.

Comparando-se os dois perfis, P<sub>1</sub> e P<sub>1</sub>Hi, pode-se observar que uma das diferenças marcantes entre eles é a não ocorrência de gibbsita neste último. A presença da gibbsita em solos de clima tropical normalmente se deve a um pr segundo JACKSON (23), a uma dessilicatização intensa (laterização). A não ocorrência deste mineral no perfil P<sub>1</sub>Hi sugere duas hipóteses. A primeira se baseia nos trabalhos de JACKSON et al (20) e outros autores, entre os quais BATES (4) e KELIER (26), e pode ser atribuída a uma diminuição da intensidade no processo geral de intemperização. Neste caso, o estágio da gibbsita (estágio 11) simplesmente ainda não foi atingido, conseqüentemente o mineral não ocorre. A outra hipótese seria aquela da ressilicatização da gibbsita para formar caulinita.

Devido ao baixo teor de gibbsita apresentado pelo perfil P<sub>1</sub>, a primeira hipótese parece ser a mais viável.

A presença de uma linha de pedras no perfil P<sub>1</sub>, a uma profundidade de 3,47 m, e no P<sub>1</sub>Hi a 2,25 m, sugere que este solo também tenha sido retrabalhado, explicando-se com isso o pequeno aumento da caulinita de acordo com a profundidade do solo.

O reconhecimento direto dos minerais de argila de estrutura cristalina foi feito através dos difratogramas apresentados na figura 9: a caulinita, pelos espaçamentos de 7,2 Å e 3,5 Å na amostra natural, que desaparecem com aquecimento a 550°C; a vermiculita, pelo espaçamento de 14 Å na amostra natural, que se contrai com aquecimento a 350°C e não se expande com a glicolação. A ocorrência de picos de pequena intensidade na região entre 10 Å a 14 Å, que se contraem a 10 Å com aquecimento a 350°C e se expande para a região dos 16-17 Å com o tratamento da glicolação, identifica a montmorilonita.

A figura 10 mostra os difratogramas deste perfil numa seqüência vertical das diversas camadas onde se verifica a presença de caulinita e vermiculita. O termograma da camada 3, que se vê na figura 7, mostra o pico endotérmico na região dos 550-570°C que identifica a caulinita.

Perfil P<sub>2</sub> - é um Latossol Vermelho Escuro-orto, descrito pela COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7) como sendo solos de coloração vermelho escuro, desenvolvidos de argilitos ou folhelhos. São solos ácidos, com saturação de bases baixa, com teores de óxido de ferro mais elevados que o Latossol Vermelho Amarelo e mais baixos que o Latossol Roxo. A diferenciação textural entre os horizontes A e B é maior que no Latossol Roxo e menor que no Latossol Vermelho Amarelo.

Os dados mineralógicos dêste perfil apresentados no Quadro 9 revelam que a caulinita é o mineral dominante.

Nota-se que até a profundidade de 190 cm os horizontes apresentam teores semelhantes dêsse mineral e seu valor médio é de 59,3%. A partir daquela profundidade encontra-se teores maiores de caulinita, com valor médio de 66,9%. Esta diferença pode ser atribuída a uma possível descontinuidade litológica, que só poderá ser confirmada através do estudo de minerais pesados da fração mais grossa, já que não apresenta linha de pedras.

Sendo o perfil P<sub>2</sub> originário de material retrabalhado é possível tentar explicar a maior quantidade de caulinita nos horizontes mais profundos, à deposição de material em época diferentes, em que a última deposição se deu sobre uma superfície mais intemperizada.

Além da caulinita, o material amorfo e a vermiculita apresentaram os teores mais elevados. A vermiculita apresenta o teor mais alto no horizonte B<sub>22</sub> (18,3%) e o mais baixo no horizonte B<sub>21</sub> (12,2%). Como se pode notar, este é o único mineral de grade 2:1 em importância quantitativa, pois a mica apresenta teor menor do que 1,2%. Por outro lado, o material amorfo apresenta uma distribuição desuniforme com a profundidade do solo, mas de uma maneira geral decresce com ela.

A gibbsita aparece neste perfil com uma distribuição semelhante a caulinita, tendo portanto maiores teores nos horizontes mais profundos. Seus valores médios são: de 8,7% nos primeiros 190 cm e 11,6% a partir dessa profundidade.

A identificação dos minerais de argila de estrutura cristalina, encontrados no perfil P<sub>2</sub>, pode ser feita através dos difratogramas da figura 11. A caulinita apresenta espaçamento basais de 7.2 Å e 3.5 Å na amostra natural, que desaparecem com aquecimento a 550°C. A gibbsita apresenta um espaçamento de 4,8 Å na amostra natural, que desaparece com aquecimento a 350°C.

A vermiculita é reconhecida através do espaçamento de 14 Å, que desaparece com aquecimento.

Através do termograma da figura 12, onde o perfil P<sub>2</sub> está representado pelo horizonte B<sub>24</sub>, pode-se também identificar a caulinita e a gibbsita. O pico endotérmico na região dos 550-570°C identifica o primeiro mineral e o pico, também endotérmico, na região dos 300-310°C, o segundo.

Os difratogramas da figura 13 apresentam uma sequência vertical dos diversos horizontes do perfil P<sub>2</sub> onde pode-se observar os picos da vermiculita, caulinita e gibbsita.

Perfil P<sub>2</sub>Hi - este perfil está situado na parte mais baixa do declive que forma a catena do perfil P<sub>2</sub>. Trata-se de um solo de baixada com drenagem pobre e sem escoamento superficial de água.

Analisando os dados mineralógicos dêsse perfil através do Quadro 9, verifica-se que a caulinita é o mineral de argi-

la dominante e apresenta valôres que variam de 50% (IV R) a 65,6% (horizonte III C<sub>2g</sub>). Nota-se que êstes valôres são, nos horizontes mais superficiais, maiores do que os apresentados pelo perfil P<sub>2</sub>.

A exemplo do que ocorreu com o perfil P<sub>1</sub>Hi, aqui também não apareceu a gibbsita, devido às condições ambientais serem semelhantes.

O material amorfo e a vermiculita apresentam valôres que variam de 7,7% (horizonte IV C<sub>4g</sub>) a 16% (horizonte B<sub>1g</sub>), e de 5,3% (horizonte B<sub>3g</sub>) a 14,4% (IV R), respectivamente.

A montmorilonita aparece nesse perfil com valôres bem próximos aos apresentados pelo perfil P<sub>1</sub>Hi, e com a variação de 4,0% (horizonte III C<sub>2g</sub>) a 7,8% (IV R).

Finalmente, observando-se os valôres da mica, pode-se notar que êles aumentam de acôrdo com a profundidade do solo, numa amplitude que varia de 2,4% (horizonte B<sub>1g</sub>) a 16,8% (IV R). Tendo-se como base os trabalhos de intemperismo (20), nota-se que êsse seria interpretado como um perfil desenvolvido da rocha subjacente aparentemente sem descontinuidade litológica. Como se pode ver através da descrição morfológica, ocorre uma linha de pedras a uma profundidade de 2,05m. Outras descontinuidades litológicas foram detectadas neste mesmo perfil por MENEZES LOBO (30), utilizando-se do índice de minerais pesados (Zirconita/Turmalina). Verificaram-se dessa maneira, descontinuidades a 1,80 , 2,05 , e 3,10 m.

Para explicar êsse fato, pode-se levantar a seguinte hipótese. O material de origem que se foi depositando sucessivamente estava no mesmo grau de alteração, produzindo-se a semelhança mineralógica por um processo pedogenético que se seguiu.

Baseando-se apenas na diminuição do teor da mica a partir dos horizontes mais profundos, é um tanto perigosa a afirmação de que o solo se originou da rocha subjacente. Por sua vez, RUBE (40), em 1959, chamou a atenção para uma possível semelhança mineralógica entre as camadas superiores e inferiores à linha de pedras. Ainda segundo êsse autor, o diagnóstico preciso destas descontinuidades deve ser feito utilizando-se os índices das frações grosseiras e não das frações mais finas.

A sequência Mica → Vermiculita → Caulinita, pode ser constatada nesse perfil através dos valôres dêstes minerais. Assim é que, à medida que o teor de caulinita diminui, o de mica aumenta. Esta sequência, em solos tropicais, foi também constatada por outros autôres como JACKSON (23), MONIZ et al (36) e DEMATTE (9), entre outros.

O reconhecimento dos minerais de argila de estrutura cristalina pode ser feito através dos difratogramas da figura 14. A caulinita apresenta espaçamento basal de 7,2 Å e 3,5 Å para a amostra natural, que desaparece com aquecimento a 550°C. A montmorilonita apresenta um espaçamento basal de 13,6 Å, de pequena intensidade, para a amostra natural, que se expande para 16 Å com

glicolação e retrai com aquecimento a 350°C. A vermiculita apresenta um espaçamento basal de 14 Å, tanto para a amostra natural como para a glicolada; êste espaçamento se contrai com aquecimento a 350°C. Finalmente a mica apresenta um espaçamento basal de 10 Å, que não é alterado pelo aquecimento, nem pela glicolação.

A caulinita ainda pode ser reconhecida através do pico endotérmico na região de 550-570°C, que pode ser observado no termograma da figura 12.

A figura 15 mostra os difratogramas dos horizontes dêste perfil numa sequência vertical onde podem ser observados os espaçamentos basais que caracterizam a mica, a vermiculita, a montmorilonita e a caulinita.

Perfil P<sub>3</sub> - está situado na parte mais alta da catena, figura 3.

De acôrdo com a classificação da COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7), pertence ao grande grupo Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa, que é uma unidade constituída por solos profundos de textura leve, bem drenados, de coloração vermelho amarelo, formado a partir de arenitos. São solos ácidos e de baixa fertilidade.

A caulinita neste perfil é o mineral dominante, apresentando seus valôres entre 54,3% (horizonte B<sub>23</sub>) e 63,8% (horizonte B<sub>1</sub>), porém sua variação de acôrdo com a profundidade do solo é pequena (11%) para uma extensão de 3,70 m. A análise mineralógica do perfil P<sub>3</sub> está apresentada no Quadro 10.

Em relação aos demais perfis até aqui estudados, o perfil P<sub>3</sub> é bem mais rico em gibbsita. Seus valôres extremos estão entre 15% (horizonte B<sub>23</sub>) e 22,6% (horizonte B<sub>31</sub>, parte inferior).

Os teores de material amorfo apresentam uma distribuição irregular ao longo do perfil e seus valôres são normalmente inferiores aos obtidos nos perfis P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>.

Confrontando os dados de material amorfo e caulinita com os valôres de gibbsita, tudo leva a crer que a caulinita e material amorfo se transformam em gibbsita. Essa transformação é explicada por JACKSON *et al* (20) como sendo um processo de desilicatização com a consequente perda de sílica.

Dos minerais de grade 2:1 (mica e vermiculita), praticamente o que apresenta valôres significativos é a vermiculita, com teores sempre inferiores a 14,3%.

Muito embora não se tenha encontrado linha de pedras no perfil P<sub>3</sub>, nem se tenha indício de descontinuidade litológica através da análise mineralógica da fração argila, é muito provável que o material de origem dêsse solo provenha de material retrabalhado. Assim é que em exames feitos em diversos cortes recentes de estradas (Rio Claro-São Carlos), foi possível notar a presença de linha de pedras situada a profundidade variável e

e normalmente concentrada. Esta linha é constituída por sêixos ou por concreções ferruginosos, ou ainda pelos dois materiais.

O perfil  $P_3$  está localizado na bacia sedimentar de Rio Claro e provém de um material originalmente já retrabalhado, conforme observou PENTEADO (37) quando descreveu a formação desta bacia.

A identificação dos minerais de argila de estrutura cristalina, apresentados pelo perfil  $P_3$ , pode ser feita através dos difratogramas da figura 16. A caulinita apresenta o espaçamento basal de 7,2 Å e de 3,5 Å para a amostra natural, que desaparece com aquecimento a 550°C. A vermiculita é identificada pelo espaçamento basal de 14 Å, tanto para a amostra natural como glicolada, que se contrai com aquecimento.

Ainda pela análise térmica diferencial, é possível reconhecer a caulinita e a gibbsita. Este reconhecimento é feito através do pico endotérmico na região de 550-570°C, para os minerais do grupo da caulinita, e pelo pico endotérmico na região de 300-310°C, para a gibbsita, figura 17.

A figura 18 apresenta os difratogramas da sequência vertical do perfil de acordo com os horizontes, mostrando a presença de vermiculita, caulinita e gibbsita.

Perfil  $P_4$  - ocupa a parte média da catena, figura 3, e foi classificado como um Regossol, por ser um solo profundamente friável, de textura muito leve, acentuadamente drenado, com sequência de horizontes A, C, originados de arenitos, normalmente ácidos e com fertilidade aparente muito baixa, COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7). É classificado como pertencente ao grupo de solos pouco desenvolvidos.

A caulinita aparece neste perfil com o valor máximo de 60% (horizonte C, inferior) e mínimo de 52% (horizonte  $A_3$ ), apresentando portanto uma variação de 8% numa extensão de 3,63 m, como pode ser observado no Quadro 11. Nota-se que o perfil  $P_4$  apresenta teores mais elevados de gibbsita do que o perfil  $P_3$ , situado na parte mais elevada da catena.

Os valores para o material amorfo, desse perfil (média 11,4%), são relativamente mais elevados do que os apresentados pelo perfil anterior (média 9,2%).

Os teores dos minerais de grade 2:1 atingem a um máximo de 19%, sendo que a vermiculita aparece com as maiores percentagens.

Através dos difratogramas da figura 19, pode-se identificar os minerais de argila de estrutura cristalina apresentados pelo perfil  $P_4$ . A caulinita apresenta espaçamento basal de 7,2 Å e 3,5 Å para a amostra natural, que desaparece com aquecimento a 550°C. O espaçamento basal de 4,8 Å, que desaparece com aquecimento a 350°C, identifica a gibbsita. A vermiculita é identificada pelo espaçamento basal de 14 Å para a amostra natural e glicolada, que desaparece com aquecimento.

Também pelo termograma do horizonte  $A_3$ , figura 17, pode-se identificar a caulinita pelo pico endotérmico que aparece na região de 550-570°C, e a gibbsita, através do pico endotérmico que apresenta na região de 300-310°C.

A figura 20 mostra os difratogramas dos horizontes do perfil  $P_4$  numa sequência vertical, podendo-se observar através deles a presença de caulinita, gibbsita e vermiculita.

Perfil  $P_4Al$  - este perfil foi classificado como Alúvico e está situado na parte mais baixa da catena formada pelos perfis  $P_4$  e  $P_3$ , fazendo parte, portanto, dos solos originários da bacia de sedimentação de Rio Claro.

Como nos demais perfis aqui estudados, a caulinita é o mineral de argila dominante Quadro 11. Seus valores variam de 60% (camadas 2 e 3) a 77% (camada 7), havendo portanto um aumento com a profundidade do solo da ordem de 17%. É de se notar também que o valor médio desse mineral no perfil  $P_4Al$  (67,9%) é maior do que o dos perfis  $P_4$  (55,8%) e  $P_3$  (60,1%).

A diminuição de caulinita em superfície pode ser atribuída a uma maior ação do intemperismo nos horizontes mais superficiais, como sugere a presença de gibbsita, cujos teores aumentam na superfície.

O material amorfo aparece neste perfil com valores variando de 20,3% (horizonte  $Ap$ ) a 12,1% (camada 8), havendo portanto uma diminuição com a profundidade do solo da ordem de 8,2%, que pode ser considerada como sendo pequena para a extensão de 4,15 m. O valor médio desse argilo mineral (16,4%) é superior aos valores dos perfis  $P_4$  (11,4%) e  $P_3$  (9,2%).

Os teores dos minerais de grade 2:1 (mica e vermiculita) estão sempre abaixo de 10%.

Confrontando os dados mineralógicos desse perfil com os dos perfis  $P_4$  e  $P_3$ , que são os componentes da mesma catena, porém de boa drenagem, pode-se concluir que a drenagem, quando impedida ou pobre, atua como agente retardador do intemperismo químico.

A identificação dos minerais de argila apresentados pelo perfil  $P_4Al$ , com exceção do material amorfo por não apresentar estrutura cristalina, pode ser feita através dos difratogramas da figura 21. O reconhecimento da caulinita pode ser feito através dos espaçamentos de 7,2 Å e 3,5 Å para a amostra natural, que desaparecem com aquecimento a 550°C. A gibbsita, pelo espaçamento basal de 4,8 Å, que desaparece com aquecimento a 350°C, e a vermiculita, pelo espaçamento de 14 Å para as amostras natural e gli-colada, que se contrai com aquecimento a 350°C.

Os picos apresentados pelo termograma da camada 3, figura 17, um na região de 550-570°C e outro na região 300-310°C, identificam os minerais do grupo da caulinita e gibbsita, respectivamente.

A figura 22 mostra os difratogramas do perfil  $P_4Al$  numa sequência vertical.

Quadro 8 - Análise mineralógica quantitativa dos perfis P1 e P1Hi.

Profundidade (cm)	Horizontes ou Camadas	%						Total
		Caulinita	Mater. Amorfo	Gibbsita	Vermiculita	Montmorilonita	Mica	
<u>Perfil P1</u>								
0- 23	Ap	65,0	16,2	2,7	8,3	4,7	0,7	97,6
23- 73	B21	66,0	17,2	2,1	8,7	5,4	0,7	100,1
73-140	B22	67,0	15,3	2,6	7,7	4,9	0,7	98,1
140-304	B23	70,3	14,2	2,1	7,6	4,9	1,0	100,5
304-347	B24	72,6	10,3	1,1	4,3	3,0	1,2	92,5
347-391	II B3	76,0	10,9	1,3	7,8	2,8	1,2	99,0
391-412	II C1g	74,0	11,8	1,0	7,4	2,9	1,1	98,5
412-442	II C2g	77,0	12,3	0,5	7,7	2,8	0,5	100,8
<u>Perfil P1Hi</u>								
0- 20	Ap	62,8	17,1	0,0	3,9	6,2	0,5	90,5
20-123	2	63,7	16,9	0,0	6,7	6,5	2,4	96,2
123-156	3	63,5	15,9	0,0	5,9	6,7	0,7	92,6
156-196	4	72,5	13,9	0,0	6,7	6,7	0,7	100,5
196-225	5	73,5	9,6	0,0	7,1	8,4	1,2	99,8
225-255	6	72,5	11,0	0,0	6,1	7,6	1,0	98,2
255-293	7	70,5	10,4	0,0	8,8	10,9	1,2	101,8
293-340	8	69,0	9,8	0,0	9,7	9,0	1,0	98,5

Quadro 9 - Análise mineralógica quantitativa dos perfis P2 e P2Hi.

Profundidade (cm)	Horizontes*	%						
		Caulinita	Mater. Amorfo	Gibbsita	Vermiculita	Mica	Montmorilonita	Total
<u>Perfil P2</u>								
0- 12	A1	58,0	13,4	8,2	14,0	0,5	0,0	94,1
12- 55	B1	58,5	13,4	9,5	13,0	1,0	0,0	95,4
55-90	B21	60,0	11,9	8,3	12,2	1,0	0,0	92,4
90-190	B22	61,0	9,7	9,0	15,9	1,2	0,0	96,8
190-240	B22	68,6	9,1	11,3	18,3	1,0	0,0	106,6
240-290	B23	69,3	10,2	11,6	13,6	1,0	0,0	103,4
290-340	B23	61,3	13,2	11,3	12,2	1,2	0,0	99,2
340-390	B23	68,3	9,0	11,3	13,1	1,0	0,0	102,7
390-440 <sup>+</sup>	B23	67,0	12,3	12,6	16,6	1,4	0,0	108,2
<u>Perfil P2Hi</u>								
0- 25	Ap	61,0	13,8	0,0	12,2	3,1	5,1	95,5
25- 53	B1g	63,3	16,0	0,0	11,3	2,4	6,8	99,8
53- 85	B2g	64,0	15,2	0,0	10,0	3,6	6,0	98,8
85-130	B3g	62,0	14,1	0,0	5,3	4,8	6,3	92,5
130-180	II C1g	57,0	14,3	0,0	6,6	5,8	6,4	90,1
180-205	III C2g	65,6	11,6	0,0	10,8	9,1	4,8	99,9
205-255	III C3g	64,0	9,0	0,0	12,4	10,3	4,0	100,7
255-310	IV C4g	63,6	7,7	0,0	12,6	15,6	6,0	105,5
310-330	IV C5g	54,6	9,2	0,0	13,3	16,8	7,7	100,9
330-	IV R	50,0	8,3	0,0	14,4	16,8	7,8	97,3

\* Os subhorizontes profundos foram subdivididos a cada 50 cm, razão pela qual o seu simbolo aparece repetido.



Quadro 10 - Análise mineralógica quantitativa do perfil P3.

Profundidade (cm)	Horizontes <sup>‡</sup>	%						Total
		Cauli- nita	Mater. Amorfo.	Gibbsi- ta	Vermi- culita	Mica	Mont- morilo- nita	
<u>Perfil P3</u>								
0- 25	Ap	60,6	8,6	19,0	10,3	0,7	0,0	99,2
25- 55	A3	56,6	9,7	16,0	9,5	1,0	0,0	92,8
55-105	B1	63,3	8,5	19,0	6,6	1,0	0,0	98,4
105-155	B22	55,0	11,4	15,0	14,3	0,7	0,0	96,4
155-170	B22	64,5	8,7	17,7	11,2	1,0	0,0	103,1
170-220	B23	54,3	12,1	17,0	10,0	1,0	0,0	94,4
220-270	B31	63,0	7,1	21,0	11,8	0,7	0,0	103,6
270-320	B31	61,0	6,7	22,6	11,4	0,7	0,0	102,4
320-370	B31	60,6	8,0	20,3	10,5	0,7	0,0	100,1
370 <sup>†</sup>	B32	62,6	11,7	17,7	11,7	0,5	0,0	104,2

‡ Os subhorizontes profundos foram subdivididos a cada 50 cm, razão pela qual o seu símbolo aparece repetido.

Quadro 11 - Análise mineralógica quantitativa dos perfis P4 e P4A1.

Profundi- dade (cm)	Horizontes* ou Camadas	%						
		Cauli- nita	Mater. Amorfe	Gibbsi- ta	Vermi- culita	Mont- morilo- nita	Mica	Total
<u>Perfil P4</u>								
0- 38	A1	55,0	8,2	25,5	13,2	0,0	1,0	91,5
38- 75	A3	52,0	17,0	17,5	11,1	0,0	0,7	101,9
75-113	C1	59,0	11,0	19,5	18,0	0,0	1,0	105,9
113-138	C1	60,0	8,3	24,0	13,2	0,0	0,5	105,4
138-163	C2	57,0	12,6	20,8	12,8	0,0	0,5	103,0
163-213	C2	51,0	14,4	19,5	9,8	0,0	0,5	95,1
213-263	C2	55,0	7,4	25,0	15,2	0,0	0,7	103,3
263-313	C3	53,6	8,0	25,7	11,3	0,0	1,0	99,3
313-363	C3	55,5	13,2	19,0	11,7	0,0	0,5	99,3
363 ±	C4	55,5	14,2	19,5	12,0	0,0	1,0	101,6
<u>Perfil P4 A1</u>								
0- 22	Ap	60,5	20,3	4,5	7,0	4,9	1,0	98,2
22- 39	2	60,0	18,7	4,3	7,0	6,6	0,7	97,3
39-125	3	60,0	17,0	3,1	6,8	4,7	0,7	92,3
125-185	4	66,5	17,1	2,7	8,6	4,7	1,0	100,6
185-222	5	72,0	14,9	0,8	7,6	4,9	1,2	101,4
222-307	6	74,5	18,5	0,7	8,1	4,3	1,2	107,3
307-367	7	77,0	17,3	0,0	8,6	6,4	1,2	108,5
367-415	8	73,0	12,1	0,0	7,1	4,5	1,5	98,7

\* Os subhorizontes profundos foram subdivididos a cada 50 cm, razão pela qual o seu simbolo aparece repetido.

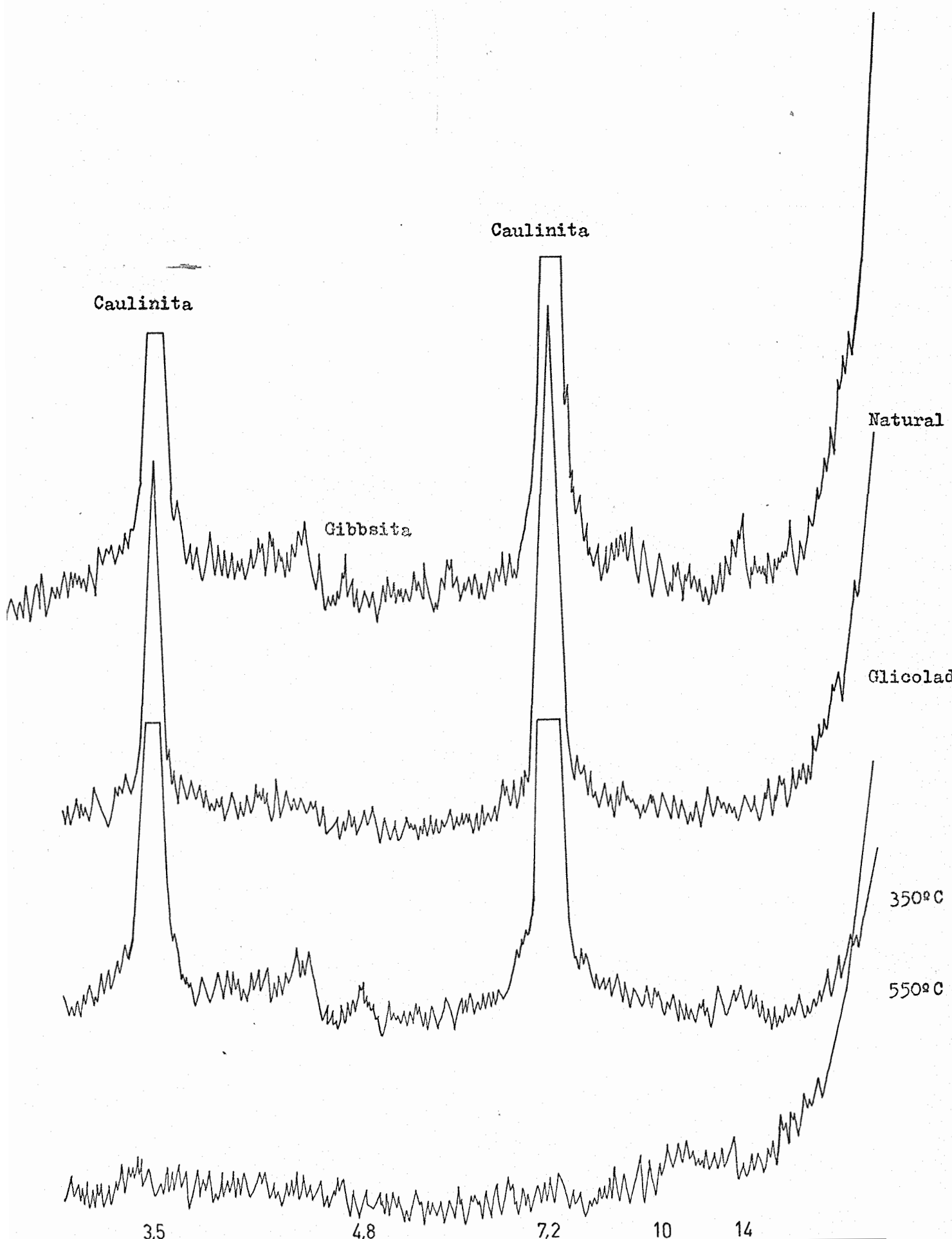


Fig. 6 - Difratoograma do horizonte B22, perfil P<sub>1</sub>.

Caulinita

Caulinita

Ap

B21

B23

B3

Clg

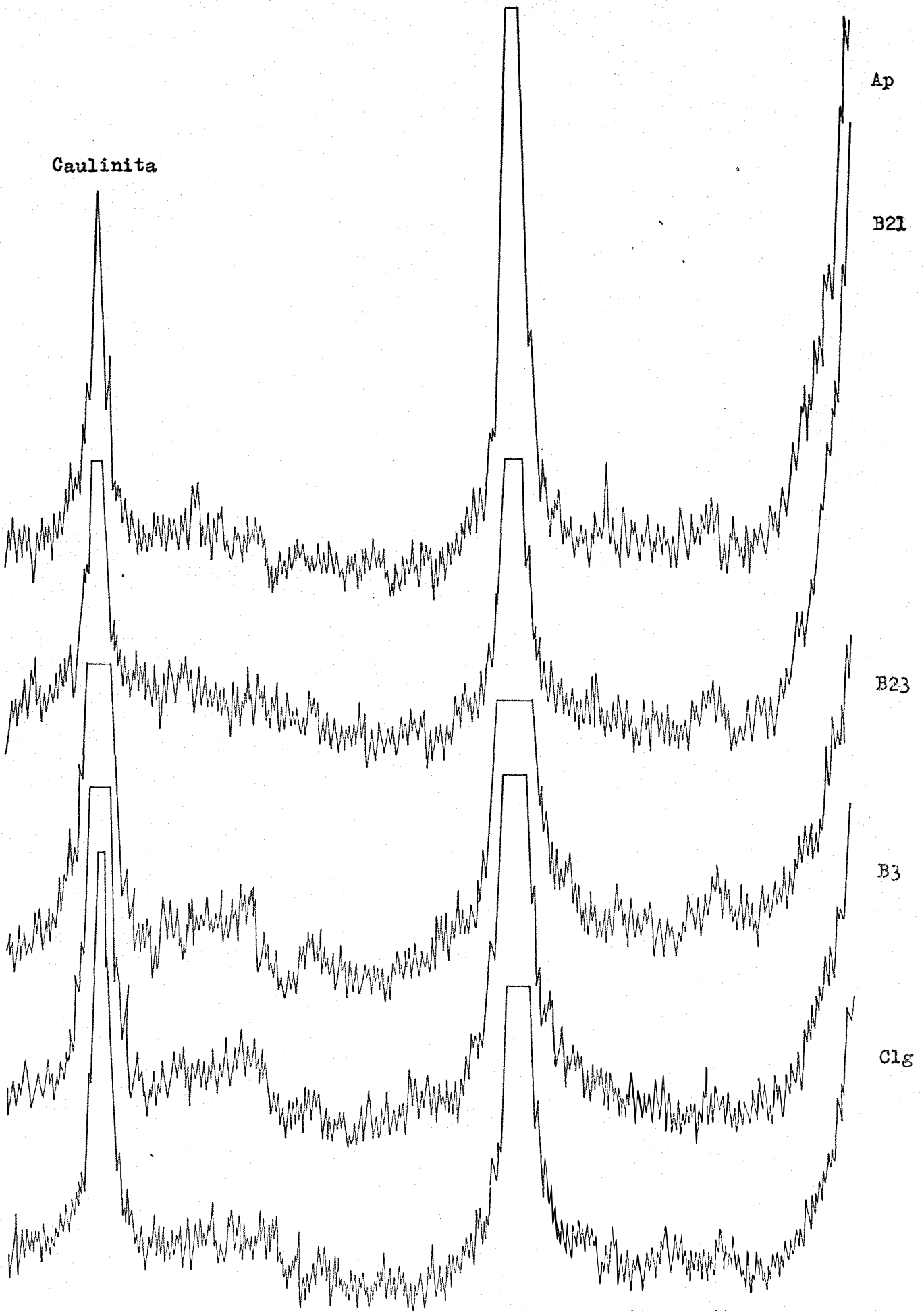


Fig. 8 - Difratoograma da seqüência vertical dos horizontes Ap, B21, B23,

Caulinita

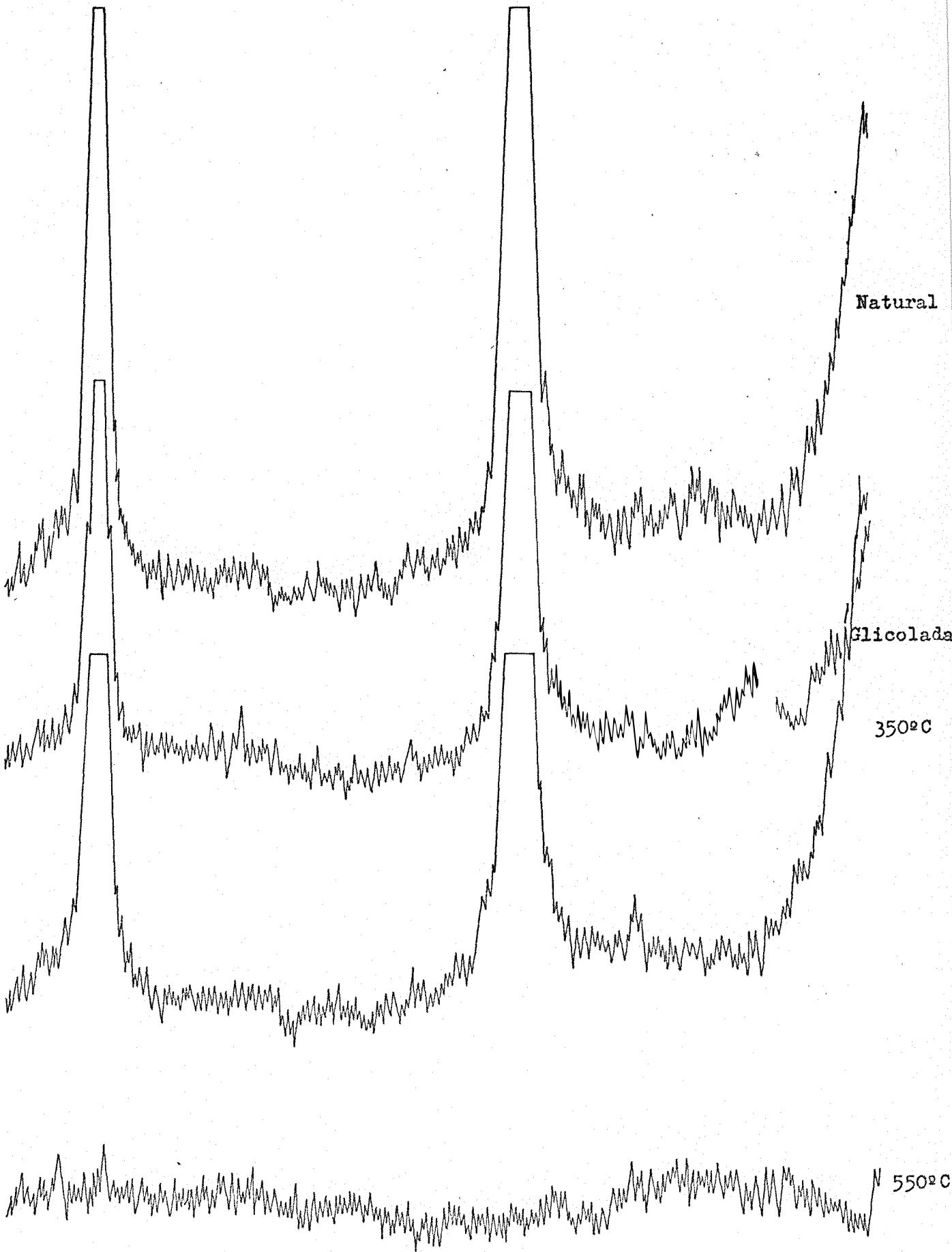
Caulinita

Natural

Glicolada

350°C

550°C



35

48

72

10

14

Fig. 9 - Difratoograma da camada 3, perfil P1Ei.

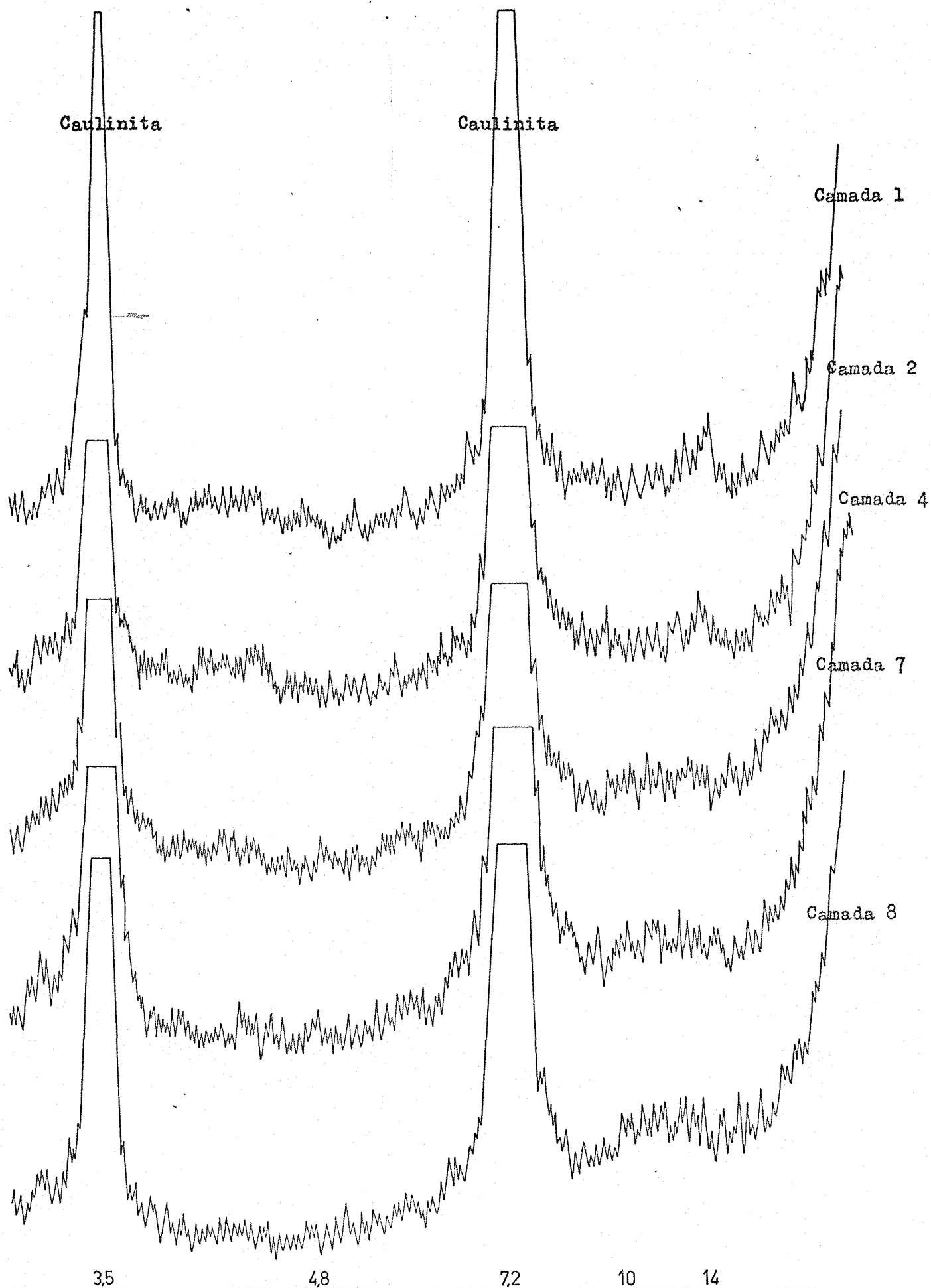


Fig. 10 - Difratoograma da sequência vertical das camadas 1,2,4,7 e 8 do

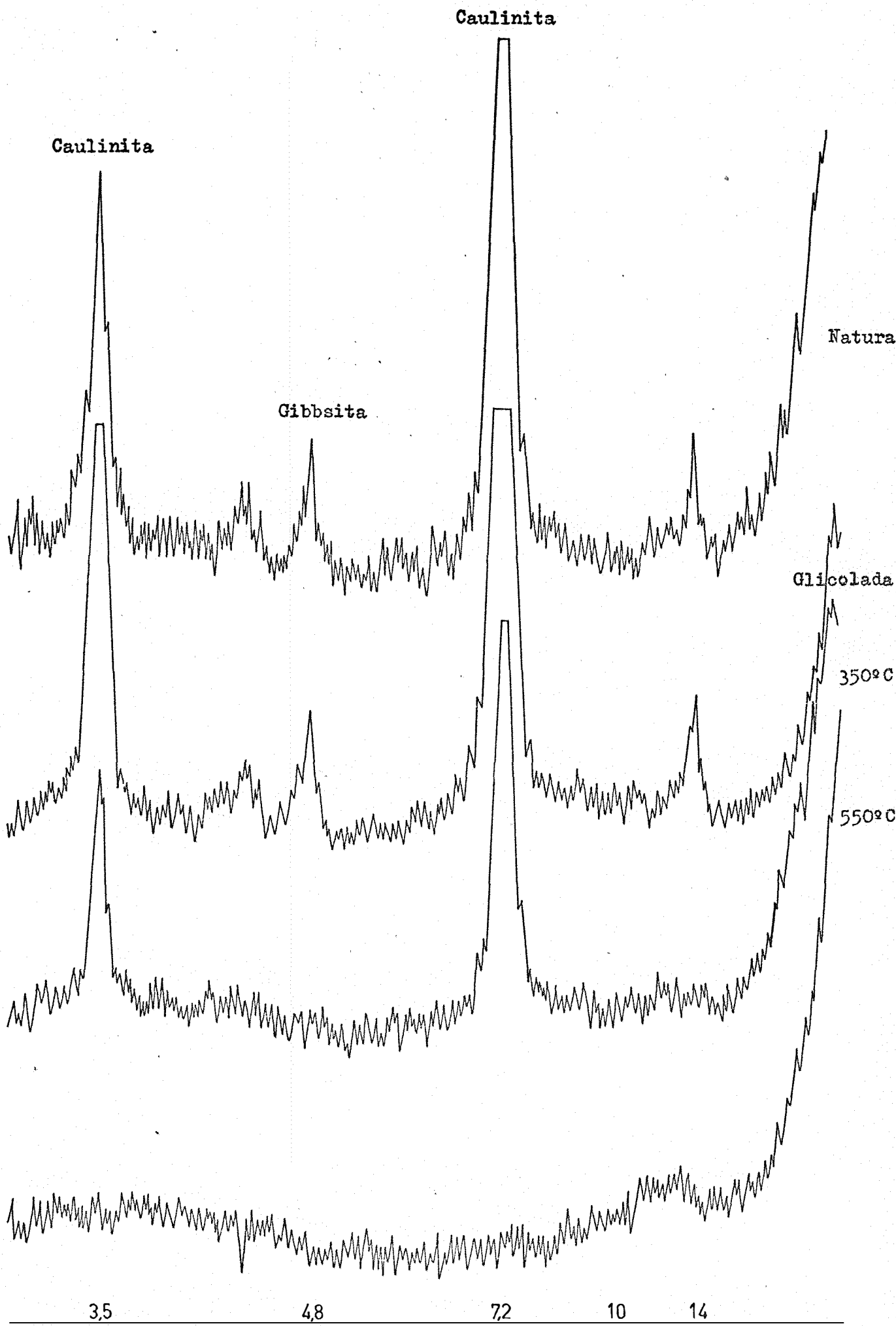


Fig. 11 - Difratoograma do horizonte B23, perfil P2.

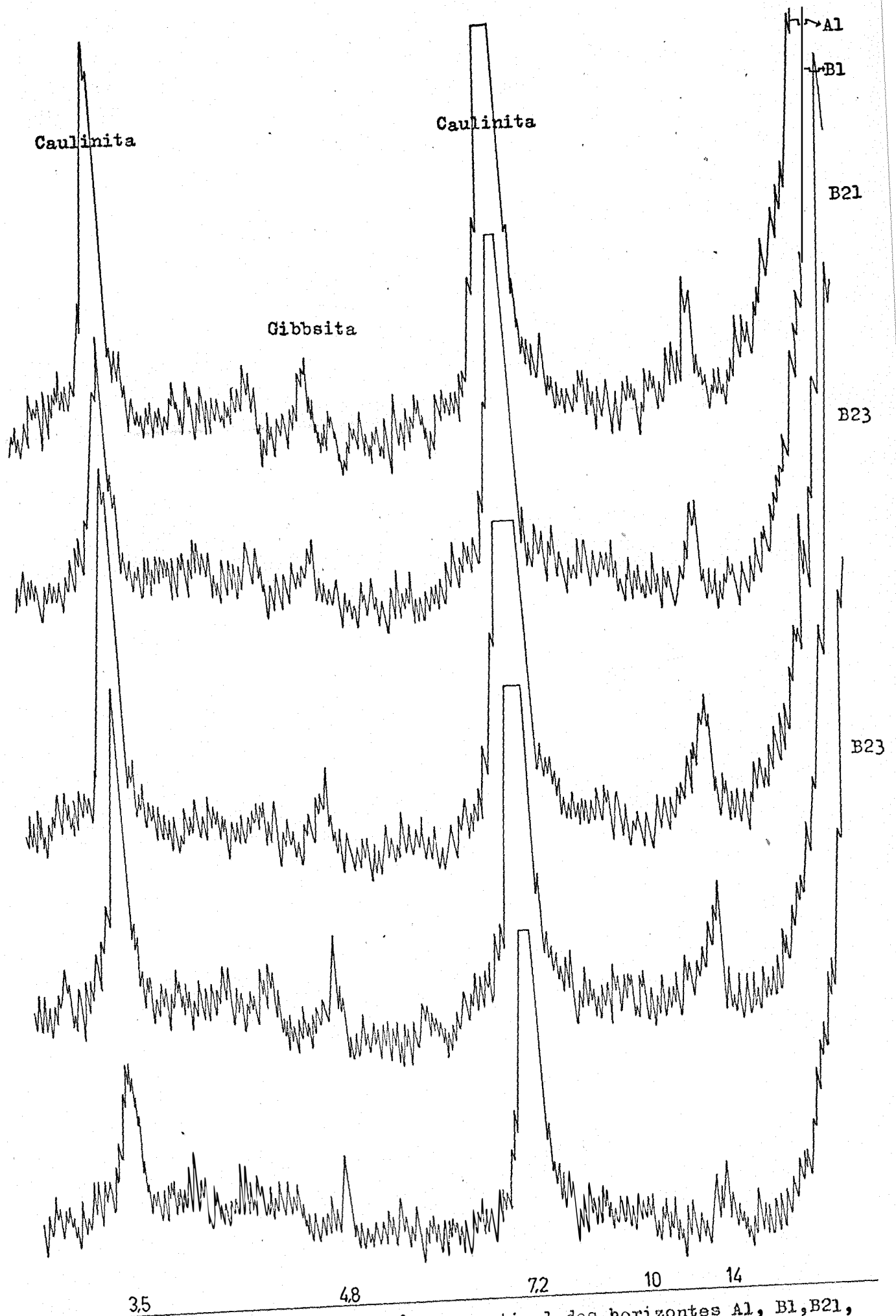


Fig. 13 - Difratoograma da seqüência vertical dos horizontes A1, B1, B21, B23 e B23 (inf.), perfil P2.



Fig. 14 - Difratoograma do horizonte Clg, perfil P2Hi.

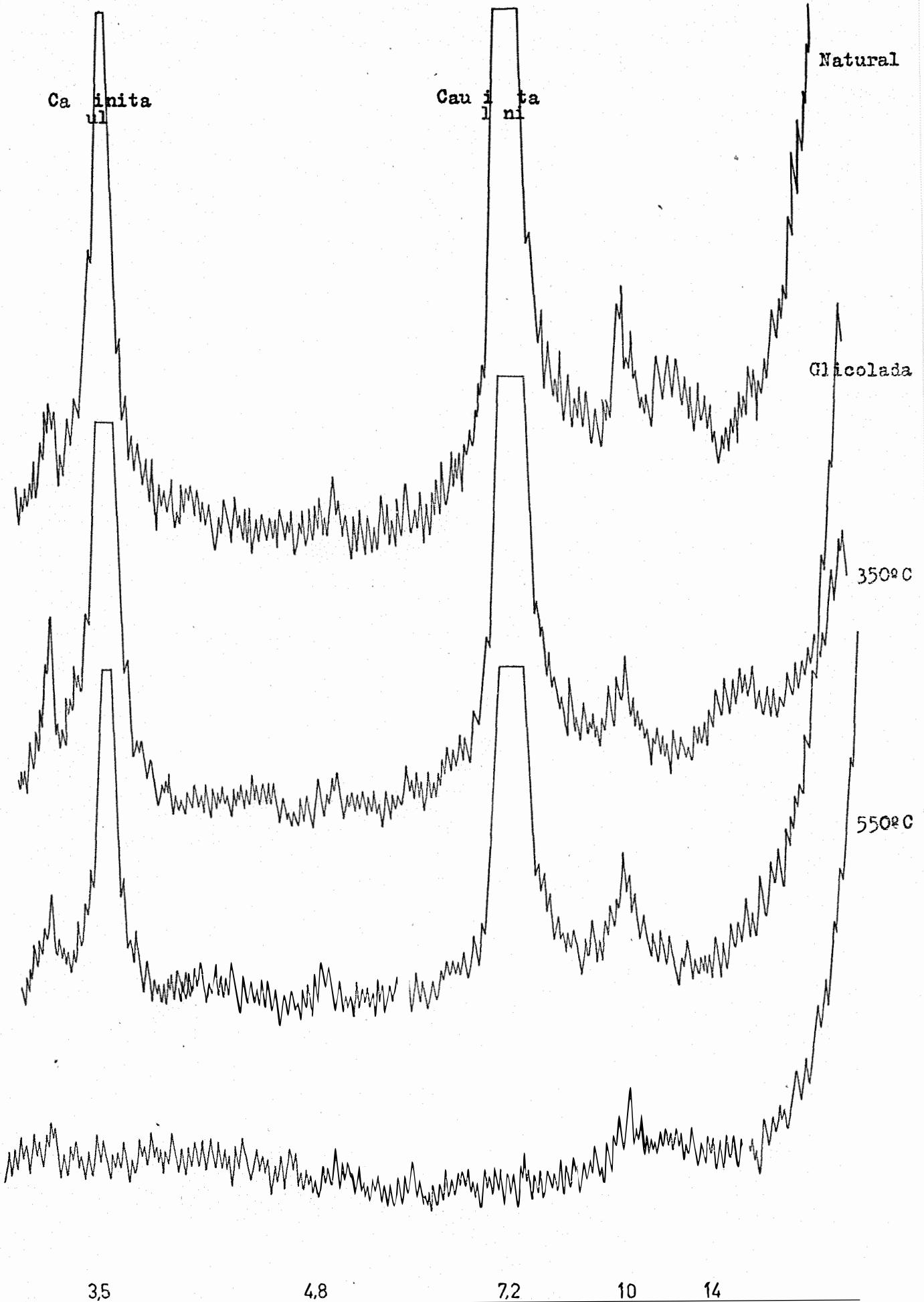
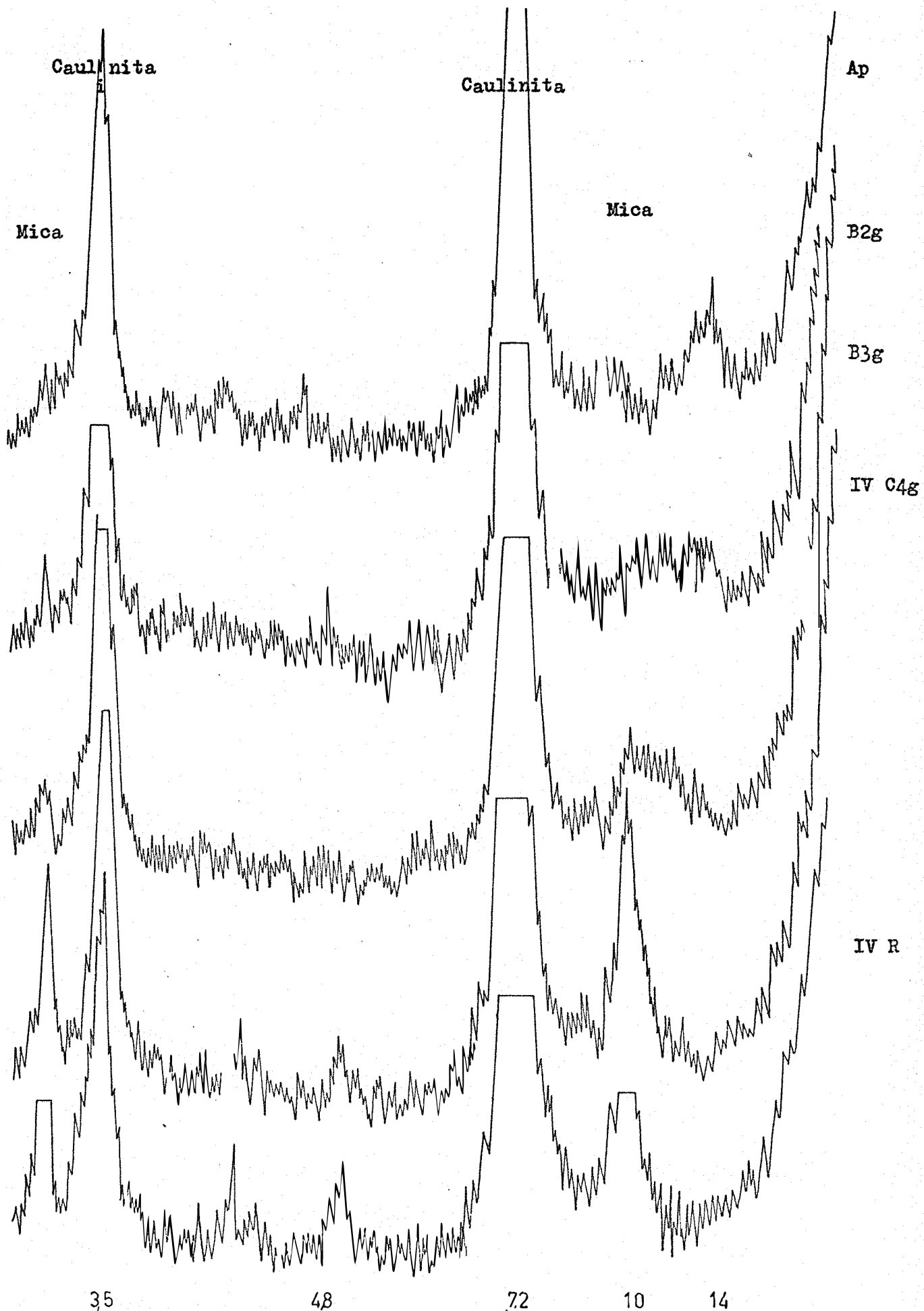


Fig. 15 - Difratoograma da seqüência vertical dos horizontes Ap, B2g, 45g,

IV C4g e IV R. perfil P2H1



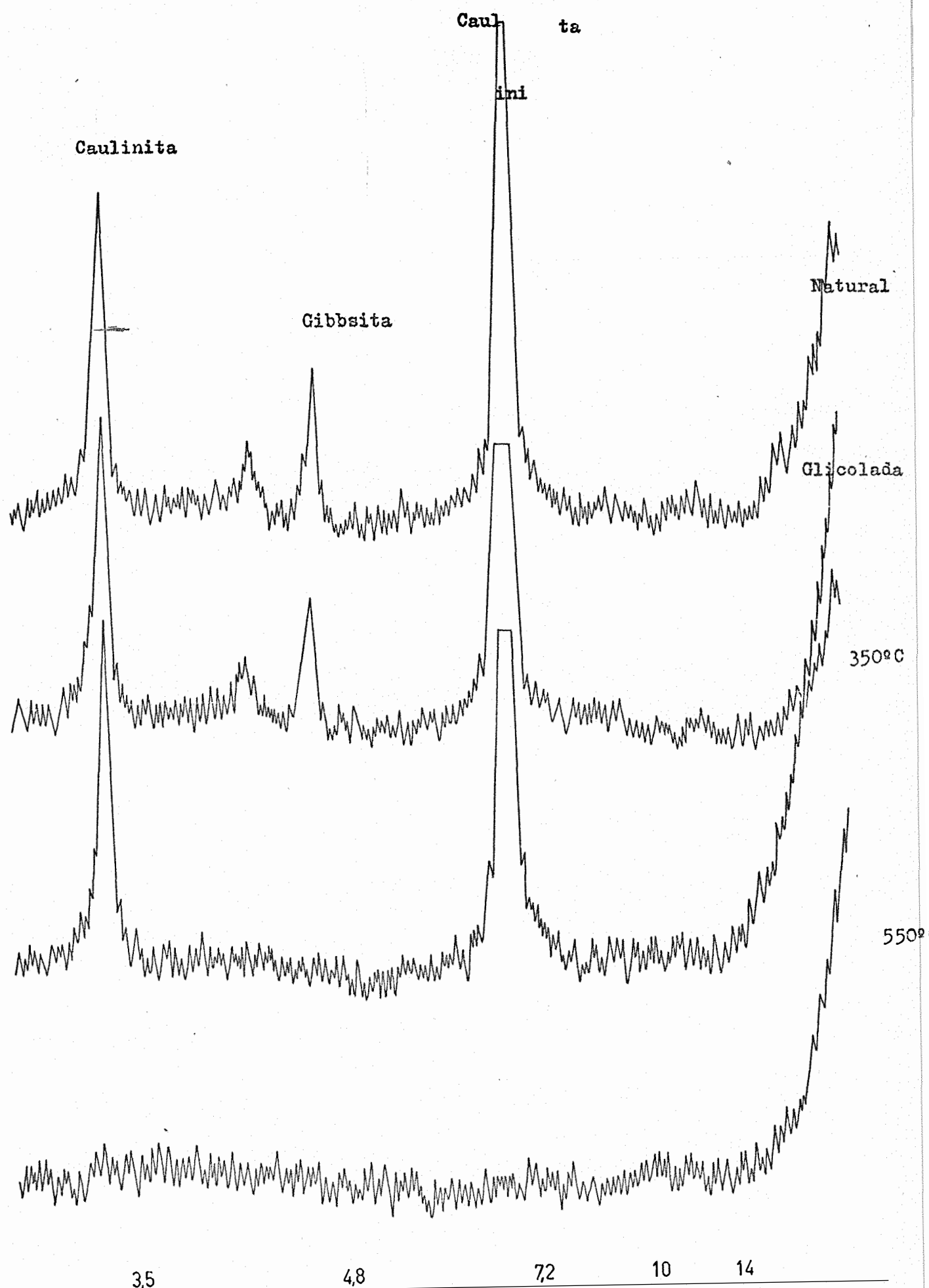


Fig. 16 - Difratoograma do horizonte B31, perfil P3.

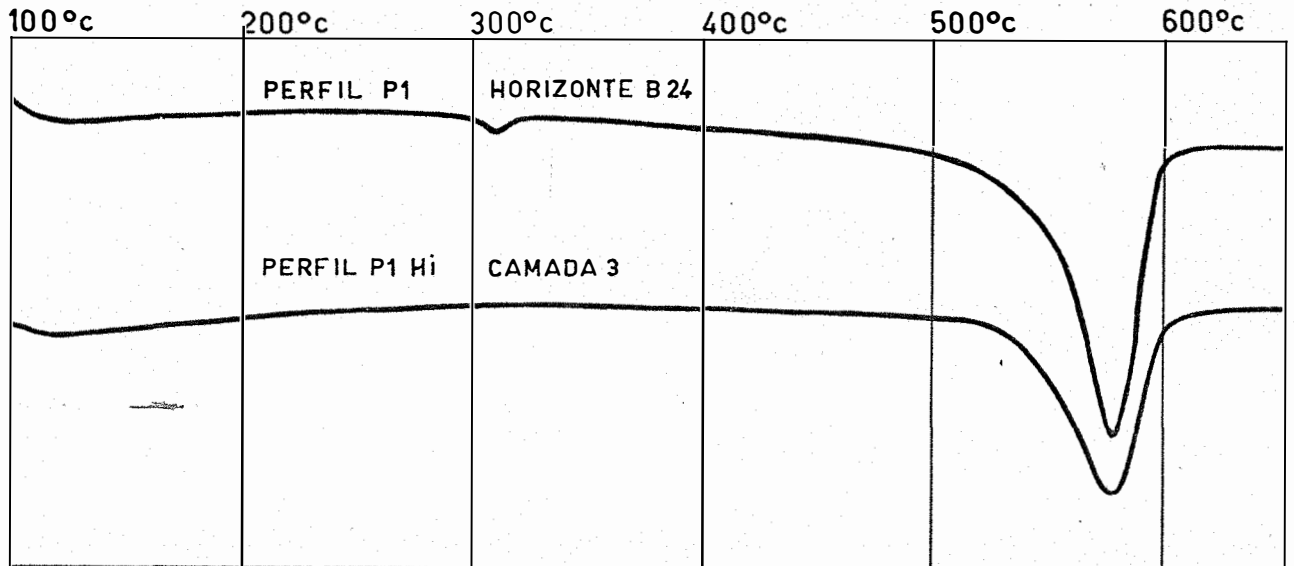


Fig. 7 - Termograma dos perfis P1 e P1Hi, representados pelo horizonte B24 e camada 3, respectivamente.

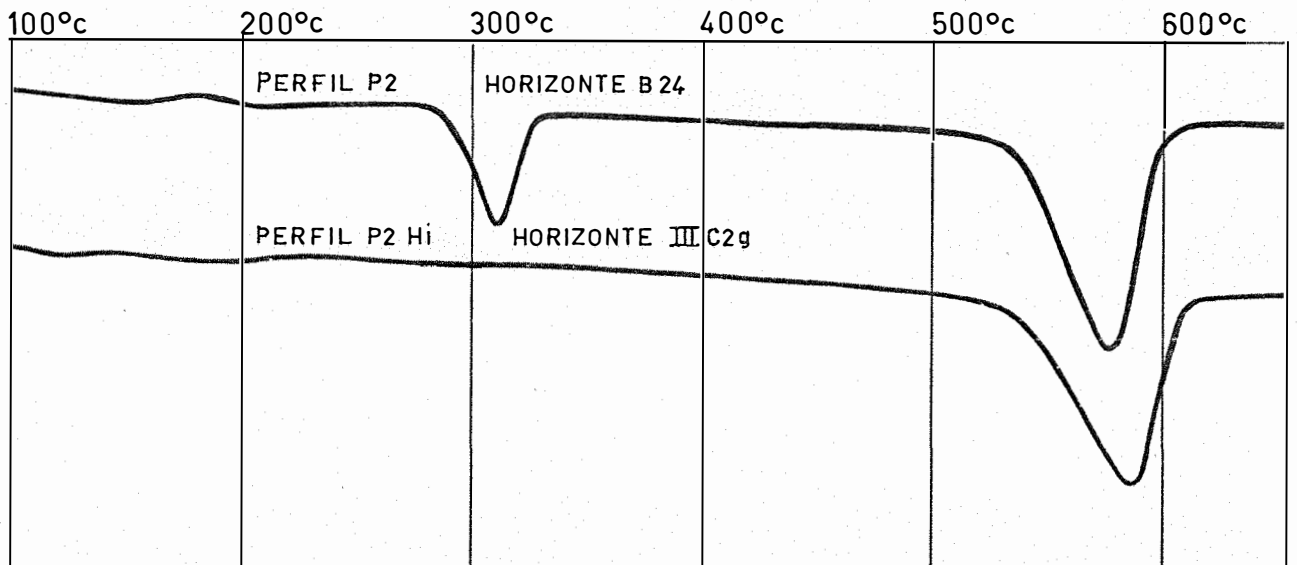


Fig. 12 - Termogramas dos perfis P2 e P2Hi representados pelos horizontes B23 e III C2g, respectivamente.

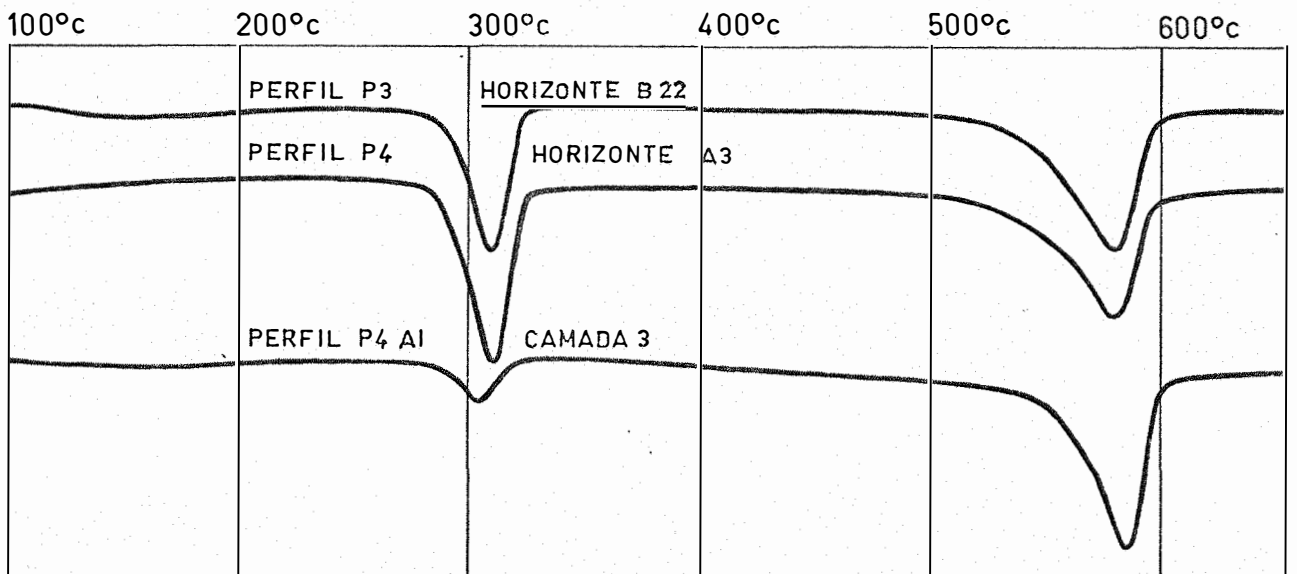


Fig. 17 - Termogramas dos perfis P3, P4 e P4A1, representados pelos horizontes B22, A3 e camada 3, respectivamente.

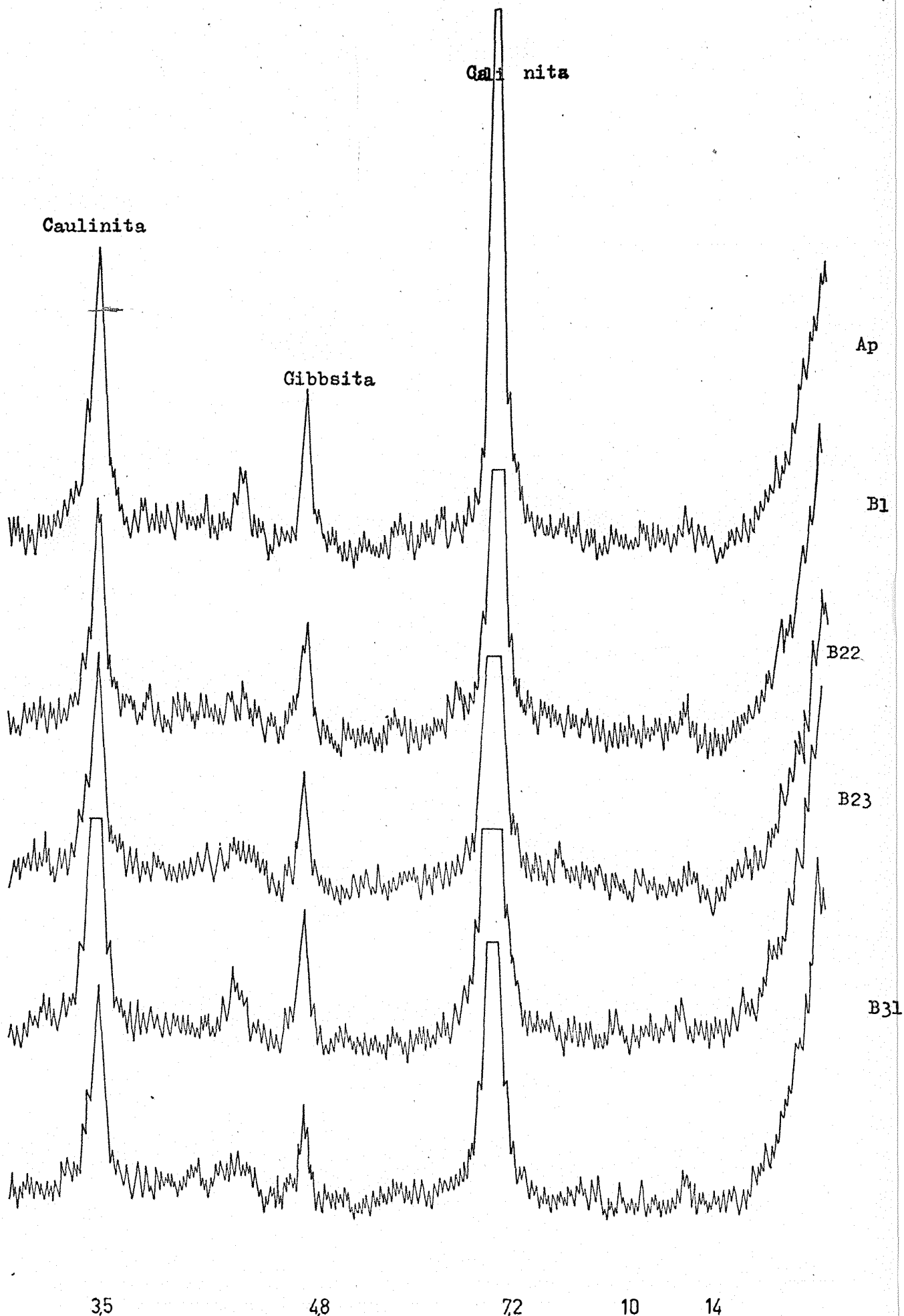


Fig. 18 - Difratoograma da sequência vertical dos horizontes Ap, B1, B22, B23 e B31 do perfil P3.

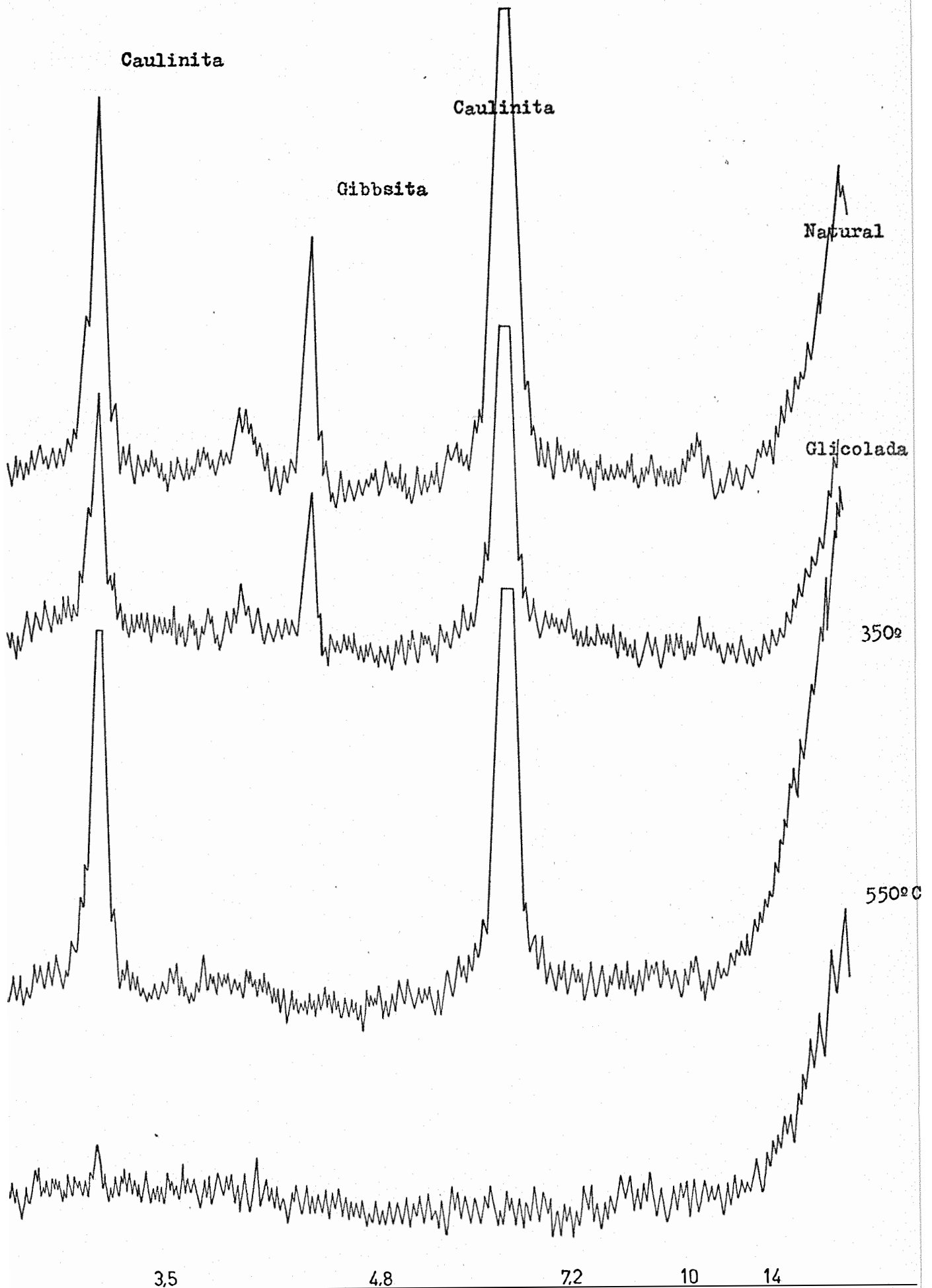
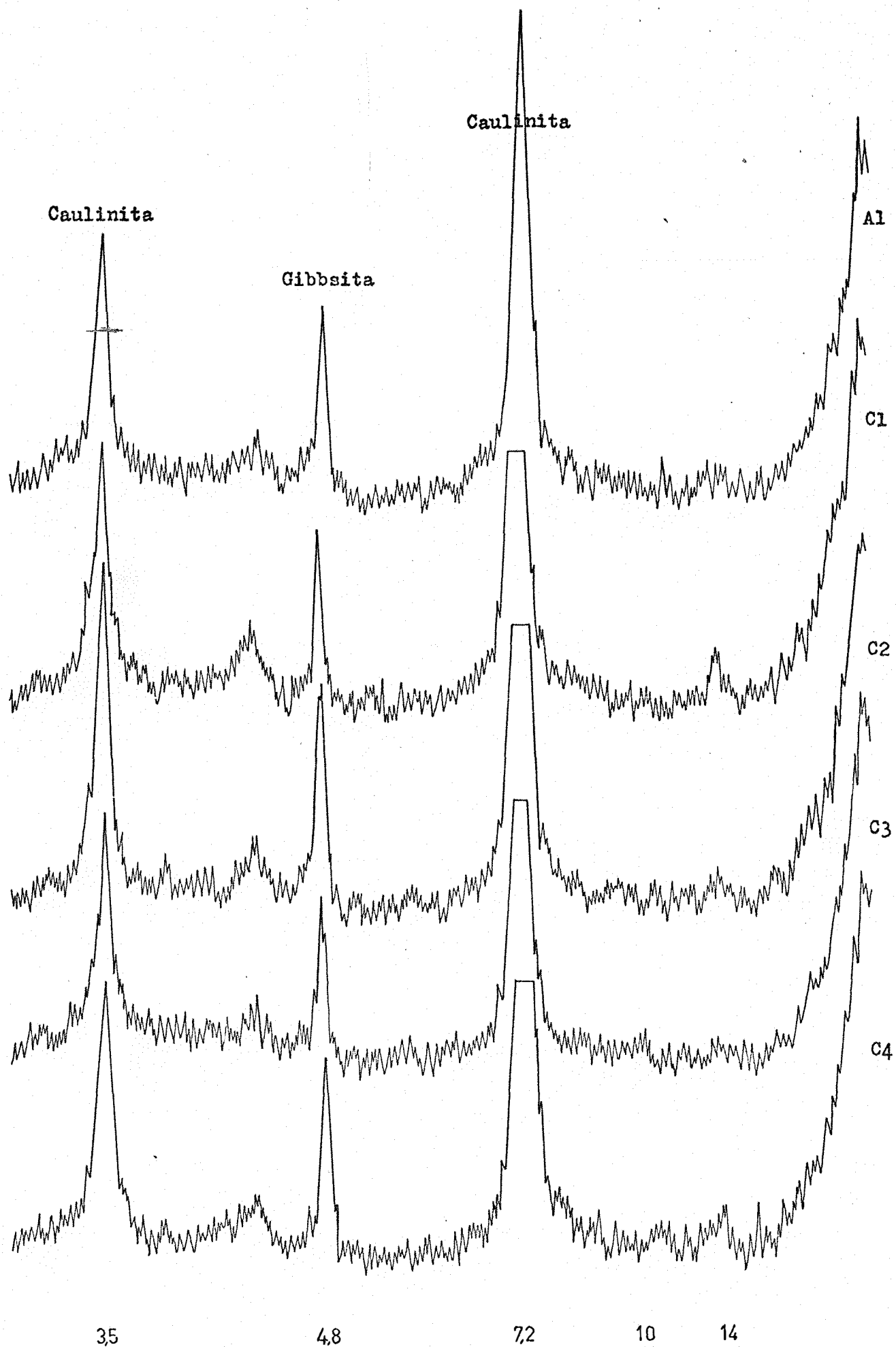


Fig. 19 - Difratoograma do horizonte C1, perfil P4.

Fig. 20 - Difratoograma da seqüência vertical dos horizontes A1, C1, C2, C3.



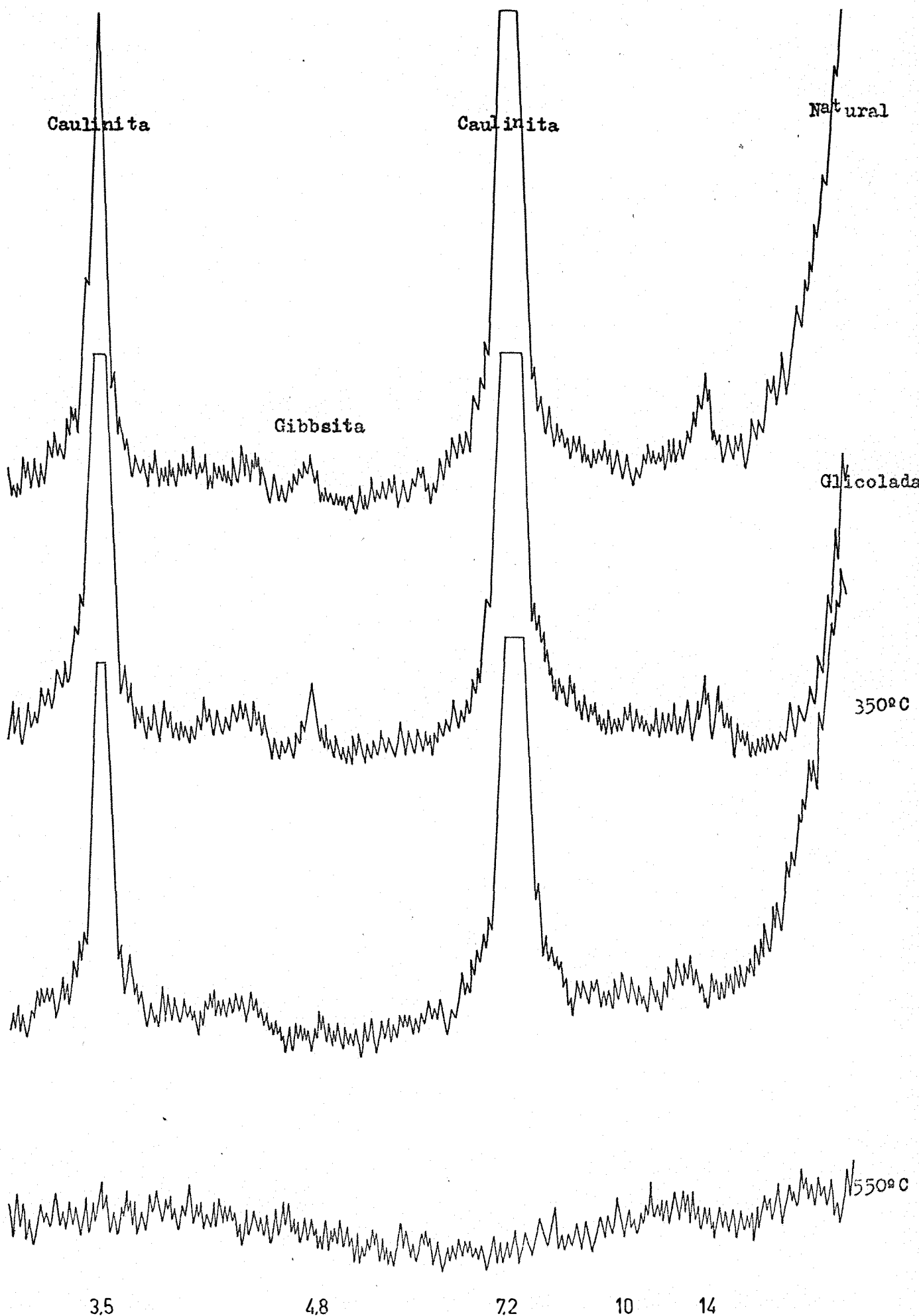
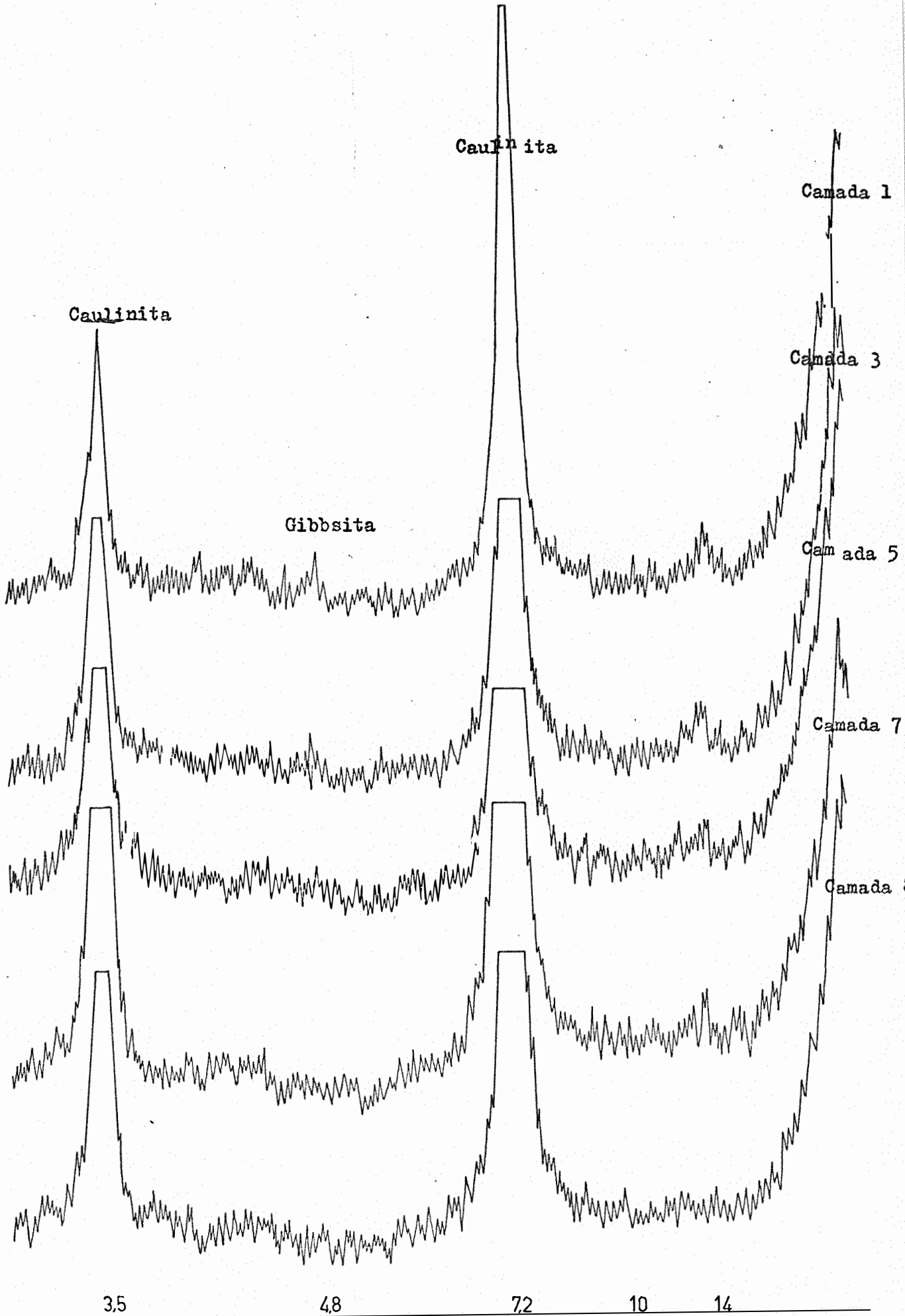


Fig. 21 - Difratoograma da camada 4 do perfil P4A1.





## 5.2 - Classificação dos Solos

O Perfil P<sub>1</sub> apresenta a morfologia semelhante aos solos com horizonte B latossólico, ou seja, tem a textura argilosa, a estrutura é em blocos, média e fraca, a consistência é friável a muito friável, sendo ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. As principais características do perfil estão apresentadas no quadro 4.

De acôrdo com o levantamento a nível de série do município de Piracicaba, feito por RANZANI et al (38), o perfil P<sub>1</sub>, pela sua situação no mapa de solos, se enquadra na série Luiz de Queiroz, pertencente ao grande grupo Latossol Roxo e originária de diabásio impregnado pela formação Irati.

Originalmente, RANZANI et al (38) classificaram êsse solo como Latossol Roxo, o que pressupõe a presença de um horizonte B latossólico. Contudo, no mesmo trabalho, aquêlê solo foi classificado, de acôrdo com a 7ª Aproximação, como pertencendo à ordem Alfisol, o que dá a entender a presença obrigatória de um horizonte argílico (ou B textural, segundo a COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7)). Os dados físicos e químicos apresentados (38) para a série Luiz de Queiroz confirmam a existência de um B textural e, portanto, a sua classificação na ordem Alfisol. Dessa maneira, êsse solo melhor se enquadra na Terra Roxa Estruturada, como mostrou MARCOS (28), ao verificar a presença de um horizonte argílico muito bem desenvolvido, com elevada saturação em bases, em dois perfis da série Luiz de Queiroz.

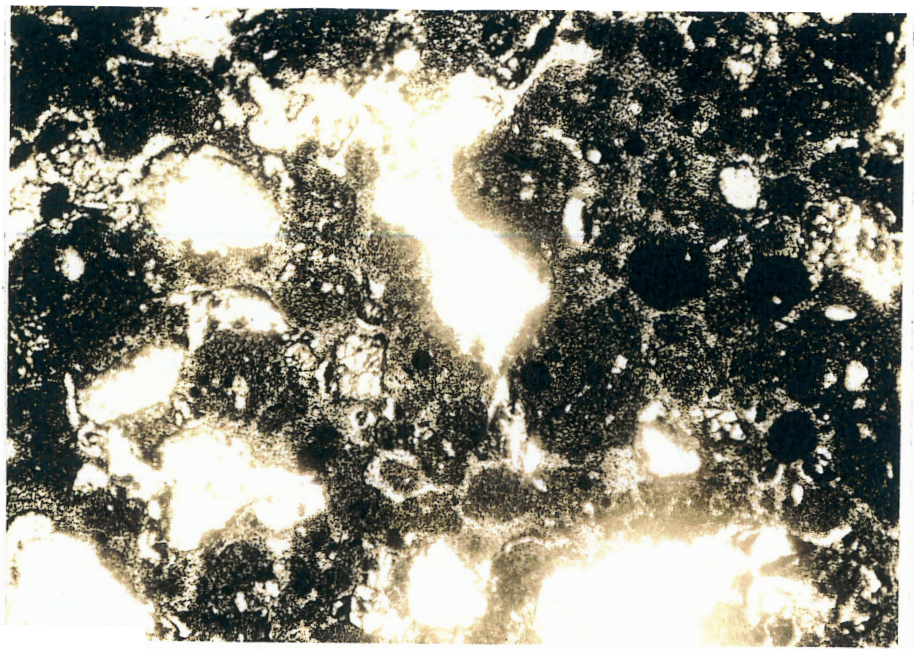
Pelas características físicas e químicas do perfil P<sub>1</sub>, apresentadas nos Quadros 12 e 13, pode-se comprovar a existência de um B latossólico a partir da profundidade de 73 cm, permitindo portanto seu enquadramento dentro do grande grupo Latossol Roxo, de acôrdo com as normas da COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7).

Por outro lado, observando-se a descrição morfológica do mesmo perfil, nota-se a presença de cerosidade em pequena quantidade no horizonte B<sub>21</sub>. Êste fato pode ser comprovado através da seção delgada apresentada na foto 8. De acôrdo com os conceitos genéticos, a presença de cerosidade indica argila orientada, diagnóstico para a definição de um horizonte argílico.

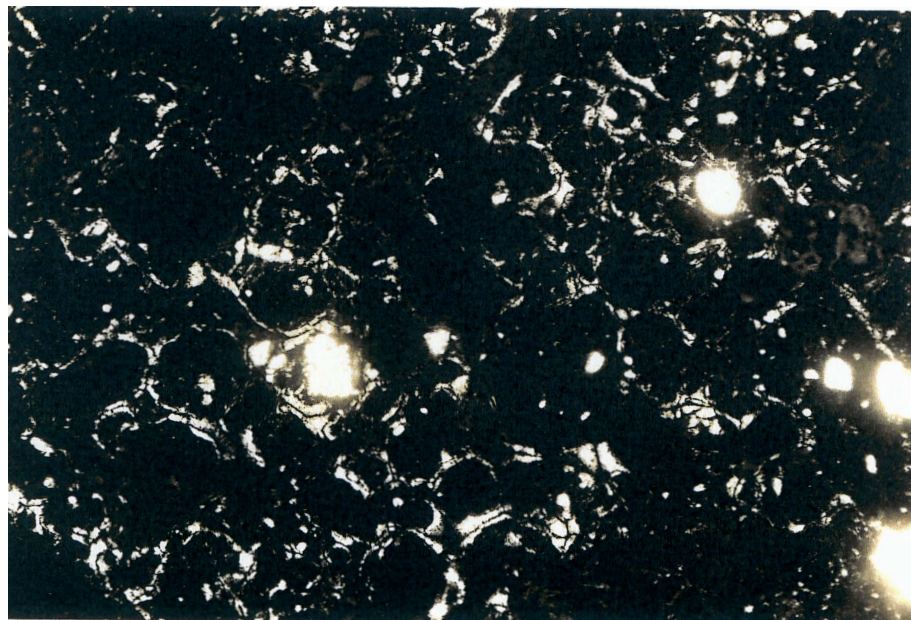
Assim o perfil P<sub>1</sub> apresenta um horizonte argílico com 50 cm de espessura, assentado sôbre um horizonte óxico. A ocorrência de tais solos já foi observada por alguns autores, entre os quais ESCOBAR et al (14), quando descrevem um Latossol Roxo, perfil PT-18, e MARCOS (28), quando estuda os perfis da série Tanquinho pertencente ao grande grupo Latossol Roxo.

A presença de um horizonte argílico nestes casos pode, dependendo da sua espessura, levá-lo para a ordem Alfisol ou Ultisol, conforme a sua saturação em bases. A saturação em bases do perfil P<sub>1</sub>, Quadro 13, é menor do que 35%, excluindo portanto da ordem Alfisol.

A comprovação de um horizonte argílico sôbre um óxico,



a - Luz polarizada



b - Polarizador cruzado

Foto 8 - Microfotografia da seção delgada do horizonte B<sub>21</sub>, perfil P<sub>1</sub>, mostrando a presença de fração argila iluviada.

\* - Preparo da seção delgada pela eng<sup>o</sup> agrônomo S.C. Falci, fotografia e identificação pelo Dr. Z.Z. Marcos.

no perfil P<sub>1</sub>, parece não haver contestação. Entretanto, a sua classificação na ordem Oxisol ou Ultisol torna-se problemática, porque, na definição de horizonte óxico do SOIL SURVEY STAFF (43), a presença de cerosidade em pequena quantidade é permitida. Porém não é feita menção da espessura deste horizonte com cerosidade e nem da forma como esta argila iluviada está disposta nos agregados.

Por outro lado, quando se trata de definir a ordem Ultisol o SOIL SURVEY STAFF (43), diz que essa ordem permite a presença de um horizonte argílico sobre um óxico. Também nesse caso, esta afirmação é um pouco vaga, pois não faz referência a respeito da espessura deste argílico. Tudo leve a crer, porém, que sua espessura mínima seja de 15 cm. Como se observa, portanto, este perfil de solo pode ser enquadrado tanto na ordem Oxisol quanto na Ultisol. Levando-se em conta a relação argila entre os horizontes Ap e B<sub>21</sub>, verifica-se que ela se enquadra perfeitamente dentro das especificações do argílico. Este fato, mais a presença de argila orientada no B<sub>21</sub>, fez com que este perfil fosse colocado na ordem Ultisol.

Através da chave da ordem Ultisol e baseando-se nas características de deficiência de umidade por determinado período, baixo teor de matéria orgânica, tonalidade do horizonte argílico e textura, pode-se determinar os outros níveis taxonômicos deste perfil, que são: subordem Ustult, grande grupo Rhodustult e subgrupo Typic Rhodustult.

Na classificação deste perfil e dos demais, a nível de família, foi considerado como seção de controle o horizonte B<sub>21</sub> ou seu equivalente. Assim o perfil P<sub>1</sub>, de acordo com os dados de textura, mineralogia, acidez e temperatura, recebe a seguinte denominação: Typic Rhodustult, argiloso, caulínítico, não ácido, isotérmico.

Perfil P<sub>1</sub>Hi - através dos dados granulométricos, apresentados no Quadro 12, este perfil apresenta textura uniforme, representada pela classe textural argila. O teor de limo normalmente decresce com a profundidade do solo, sendo entretanto inferior ao perfil P<sub>1</sub>.

A distribuição do separado argila indica uma diminuição até a profundidade de 196 cm (camada 4), para crescer logo em seguida. Esta diminuição do teor de argila pode ser explicada pela presença de uma linha de pedras a exatamente 196 cm. A partir daí, o teor de argila tende a aumentar, atingindo um valor de 77,4% na camada 7, para decrescer logo em seguida, devido a outra descontinuidade litológica comprovada pela presença de outra linha de pedras à profundidade de 293 cm.

Por outro lado, os dados químicos deste perfil, Quadro 13, evidenciam que ele é mais ácido do que o perfil de boa drenagem da catena, ou seja, o P<sub>1</sub>. A saturação em bases é normalmente baixa, com teores inferiores a 14,13%. Os íons predominantes são o H<sup>+</sup> e o Al<sup>3+</sup>.

Como não foi possível a abertura de trincheira no lo-

cal de ocorrência dêste solo, também não seria possível fazer a sua classificação segundo as características que são preconizadas pelo SOIL SURVEY STAFF (43). É possível, no entanto, classificar êste solo de acôrdo com a COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7), porque êle se enquadra perfeitamente na subordem dos solos Hidromórficos.

Perfil P<sub>2</sub> - Analisando-se o Quadro 14, verifica-se que o teor de argila dêste perfil é relativamente elevado e que seus separados são incluídos na classe textural argila. O teor de argila do horizonte A<sub>1</sub> é de 55,5%, enquanto que o do horizonte B<sub>1</sub> é de 70,5%. Nestas condições o horizonte B<sub>1</sub> tem mais de 8% de argila do que o horizonte eluvial, sendo esta uma das características da definição do horizonte argílico. Pela descrição morfológica, nota-se que há presença de cerosidade, de grau fraco no horizonte B<sub>1</sub>, que é mais uma condição exigida para o diagnóstico do horizonte argílico.

O teor de limo é também elevado, sendo, entretanto, semelhante ao apresentado pelo perfil P<sub>1</sub>. A argila dispersa em água torna-se baixa a partir dos 90 cm.

Analisando-se os dados químicos dêste perfil, Quadro 15, verifica-se que, com exceção do A<sub>1</sub>, os demais horizontes são relativamente pobres.

Tendo-se como base os dados mineralógicos e o teor de óxido de ferro livre, é possível dizer que êste solo não se originou somente de argilitos sedosos, como preconizam RANZANI *et al* (38), quando descreveram a série Guamium, onde foi enquadrado o perfil P<sub>2</sub>.

A presença de um epípedon Útrico, caracterizada pela pouca espessura do horizonte A<sub>1</sub> (12 cm), associado à temperatura média anual do solo, que é superior a 8°C, a saturação em bases menor do que 35% leva êste perfil para a ordem Ultissol.

De acôrdo com as características de deficiência de umidade por determinado período, baixo teor de matéria orgânica, tonalidade do horizonte argílico e textura, os demais níveis taxonômicos do perfil P<sub>2</sub> são: subordem Ustult, grande grupo Rhodustult e subgrupo Typic Rhodustult.

Ao nível de família o perfil P<sub>2</sub> pode ser classificado como: Typic Rhodustult, argiloso, caulínítico, ácido, isotérmico.

Perfil P<sub>2</sub>Hi - É o membro de drenagem pobre que compõe a catena do perfil P<sub>2</sub>, figura 2.

O teor de argila dêste solo é normalmente elevado (acima de 44%), Quadro 14, apresentando portanto a classe textural argila em todos os horizontes e sub-horizontes. Êste separado aumenta de acôrdo com a profundidade do solo, atingindo um máximo de 81% no horizonte B<sub>3g</sub>, para depois decrescer sensivelmente até o horizonte III C<sub>4g</sub> e em seguida crescer novamente. Esta distribuição não é normal. Outra distribuição também anormal seria a de areia total. O teor dêste separado no Ap é de 9,3%, decrescendo logo em seguida e chegando a um mínimo no horizonte B<sub>3g</sub> a uma pro

fundidade de 1,20 m, para aumentar logo em seguida. O teor máximo é alcançado no horizonte III C<sub>4g</sub>, com 25%, em seguida há uma queda violenta para 5,4%.

A provável explicação para estes resultados anormais da análise granulométrica pode ser atribuída às descontinuidades litológicas presentes neste solo. Morfológicamente foi observada uma descontinuidade litológica a profundidade de 2,05 m (horizonte III C<sub>3g</sub>), através da presença de uma linha de pedras. Trabalhando com a fração grosseira deste solo, MENESES LOBO (30) constatou mineralógicamente a presença de mais duas descontinuidades, uma a 1,80 m (horizonte II C<sub>1g</sub>) e a outra a 3,10 m (horizonte IV C<sub>4g</sub>). Os valores de limo são relativamente elevados.

A diferença textural entre o horizonte Ap e o B<sub>2g</sub> é superior a 8%, satisfazendo portanto a um dos requisitos para a definição do horizonte argílico. Mesmo se não bastasse esta diferença textural, a simples presença de cerosidade, que neste caso deve ser aliada à descontinuidade litológica, é o suficiente para a definição do argílico. O teor de cerosidade, neste caso, pode ser mínimo, cerca de 1% ou mais.

O teor de óxido de ferro livre deste perfil é bem menos do que o do perfil P<sub>2</sub>. A C.T.C. permanece também baixa, o mesmo acontecendo com a saturação em bases, Quadro 15. A presença de um epípedon úmbrico é caracterizada pela espessura do horizonte (25 cm) e pela saturação em bases (inferior a 50%). A temperatura média anual do solo superior a 8°C, a ausência de fragipan e saturação em bases menor do que 35%, até 1,25 m abaixo do limite superior do horizonte argílico, que são características comuns do perfil P<sub>2</sub>Hi, fazem com que ele seja classificado como pertencente à ordem Ultissol.

De acordo com as características de umidade, cor, diferença de temperatura entre as médias de verão e inverno (5°C) e mais a presença de epípedon úmbrico, as demais classes taxonômicas deste perfil são: subordem Aquult, grande grupo Umbraquult e subgrupo Typic Umbraquult. A nível de família o perfil P<sub>2</sub>Hi pode ser classificado como sendo Typic Umbraquult, argiloso, caulínico, ácido, isotérmico.

Perfil P<sub>3</sub>- Este perfil está situado na parte mais alta da catena que é formada com os perfis P<sub>4</sub> e P<sub>4</sub>Al.

O teor de argila deste perfil, Quadro 15 é normalmente baixo e apresenta uma variação de aproximadamente 10% em um total de 3,70 m. Seus teores extremos estão representados pelos horizontes Ap (17,1%) e B<sub>31</sub>, parte inferior, com 27,1%. A classe textural é barro arenosa, para os dois primeiros horizontes, e barro argilo arenosa, para os demais. O teor de limo é baixíssimo, normalmente inferior a 5%.

Através do Quadro 17 pode-se verificar que, quimicamente, este solo é pobre. Os cátions dominantes são representados pelo H<sup>+</sup> e pelo Al<sup>3+</sup>; a C.T.C. é baixa, inferior a 3,72%, e a saturação em bases apresenta valores não superiores a 11,25%.

Tanto os dados analíticos quanto os morfológicos permitem enquadrar este perfil na unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa, descrita pela COMISSÃO DE SOLOS DO SNPA (7).

A classificação do perfil P<sub>3</sub>, de acordo com as normas do SOIL SURVEY STAFF (43), deve ser observada com muito cuidado no que se refere à provável posição do horizonte óxico.

Pelas normas de classificação que determinam o horizonte óxico, nota-se que ele normalmente está colocado logo abaixo de um epípedon, ou poderá estar exposto devido à erosão. O limite entre o epípedon e o horizonte óxico é difuso, exceção para solos arados.

Um dos itens importantes para a caracterização do horizonte óxico é a argila natural, que não deve ser maior do que 3%. Nestas condições o perfil P<sub>3</sub>, até a profundidade de 1,50 cm (horizonte B<sub>22</sub>), não apresenta condições de argila natural para ser óxico.

Por outro lado, o SOIL SURVEY STAFF (43), no que se refere à posição do horizonte óxico, estabeleceu, por razões práticas, o limite inferior de 2 metros se o solo entre, 1.70 e 2 metros de profundidade, satisfizer os requisitos do horizonte óxico.

De acordo com esta afirmação, pode-se perfeitamente considerar que, para o perfil P<sub>3</sub>, a presença de horizonte óxico se verifica a partir de 1,55 m, ou seja, do B<sub>22</sub>.

As características de ausência de umidade para determinado período, temperatura, tonalidade e valor de retenção em bases, fazem com que os demais níveis taxonômicos deste perfil sejam: subordem Ustox, grande grupo Acrustox e subgrupo Typic Acrustox.

A nível de família o perfil P<sub>3</sub> pode ser classificado como: Typic Acrustox, barro fino, caulinitico, ácido, isotérmico.

Perfil P<sub>4</sub> - O teor de argila deste perfil, Quadro 18, é bastante baixo e apresenta uma variação entre seu valor máximo (15,7 %) e mínimo (9,2 %) da ordem de 6,5%. A sua distribuição no perfil sofre um pequeno aumento com a profundidade do solo até 1,38 m, para cair em seguida até 2,13 m, e novamente passar por um crescimento gradativo até atingir o máximo dentro do perfil (15,7%), horizonte C<sub>3</sub>, para mais uma vez entrar em declínio no horizonte seguinte. A variação deste separado, apesar de pequena, condiciona ao perfil P<sub>4</sub> três classes texturais que são: areia no horizonte A<sub>1</sub>; areia barrenta nos horizontes A<sub>3</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> superior e C<sub>4</sub>, e barro arenoso no horizonte C<sub>3</sub> inferior.

A fração areia, dominante neste perfil, tem o seu valor mínimo no horizonte C<sub>3</sub> inferior (83,8%) e máximo no horizonte A<sub>1</sub> (90,4%). Sua distribuição dentro do perfil passa pela mesma sequência seguida pela fração argila, com apenas uma mudança no sentido. O teor de limo é baixíssimo, não ultrapassando a 1%. A provável explicação para esta distribuição desuniforme dos separados

do solo pode ser atribuída ao seu material de origem, que é provavelmente de sedimentos arenosos, retrabalhado especialmente pelas águas, como já foi devidamente abordado quando se tratou da análise mineralógica.

Quimicamente, é um solo pobre; os cátions dominantes são H e Al; a C.T.C. é muito baixa e inferior a 1,88 e a saturação em bases está abaixo de 19,69%. Esses dados estão apresentados no Quadro 19.

O perfil P<sub>4</sub> foi classificado, dentro das normas do SOIL SURVEY STAFF (43), como pertencendo à ordem Entissol pela presença de um epípedon ócrico e ausência do horizonte diagnóstico de subsuperfície. De acordo com as demais características deste perfil, tais como, composição da fração areia, condições de umidade, temperatura do solo, espessura do epípedon, foi possível classificá-lo na subordem Psamment, grande grupo, Quartzipsamment e subgrupo Typic Quartzipsamment. A nível de família o perfil P<sub>4</sub> pode ser classificado como sendo: Typic Quartzipsamment, barro grosseiro, caulinitico, ácido, isotérmico.

Perfil P<sub>4</sub>Al - Observa-se nos dados da análise física, Quadro 18, que a fração argila apresenta uma variação entre seu valor máximo e mínimo da ordem de 15%. Há um crescimento desta fração com a profundidade do solo de uma maneira desuniforme. O teor de limo é baixo e tem seu valor máximo de 3,5%.

Relacionado com o perfil P<sub>4</sub>, verifica-se que o perfil P<sub>4</sub>Al possui maiores valores, tanto para a fração argila como para a fração limo.

A variação de argila confere a este perfil três classes texturais que são: areia barrenta no horizonte Ap; barro arenoso nas camadas 2, 3 e 4 e barro argilo arenoso nas camadas 5, 6, 7 e 8.

A oscilação e a variação nos teores de separado argila pode, ser atribuídas à origem deste solo, que é um alúvio.

Quimicamente, trata-se de um solo pobre em que os cátions dominantes são Al e H. A C.T.C. é baixa, sendo inferior a 3,84, e a saturação em bases também é baixa, com valor máximo de 11,95%, Quadro 19.

O perfil P<sub>4</sub>Al não foi classificado de acordo com o SOIL SURVEY STAFF (43), porque as amostras foram obtidas por tráfegem.

Segundo a COMISSÃO DE SOLO DO SNPA (7), este perfil foi classificado como sendo do grande grupo dos solos Aluviais.



Quadro 12 - Distribuição dos separados do solo, classe textural e argila natural dos perfis P<sub>1</sub> e P<sub>1</sub>Hi

Horizontes ou Camadas	A r e i a %				Limo % 0,002 mm	Argila % 0,002	Classe Textural	Argila Natural %		
	m $\phi$ 2-1	1-0,5	0,5-0,25 mm						Total	
			f	mf						
				0,1-0,05						
Perfil P <sub>1</sub>										
Ap	0,6	1,4	6,5	15,3	7,5	31,3	22,9	45,8	a	18,1
B <sub>21</sub>	0,2	0,8	4,6	11,4	5,6	22,6	15,4	62,0	a	2,1
B <sub>22</sub>	0,1	0,8	4,6	12,5	6,3	24,3	15,7	60,0	a	0,9
B <sub>23</sub>	0,2	1,1	5,3	13,4	6,7	26,7	15,1	58,2	a	0,6
B <sub>24</sub>	0,3	0,9	4,4	13,4	8,5	27,5	27,9	44,6	a	0,6
II <sub>B</sub> 3	0,2	1,0	4,6	13,9	9,2	28,8	28,6	42,6	a	0,6
II <sub>C</sub> 1g	1,4	3,3	6,0	15,5	9,6	34,8	26,1	39,1	b.a	0,7
II <sub>C</sub> 2g	3,5	3,0	5,7	13,2	7,6	33,0	24,8	42,2	a	0,3
Perfil P <sub>1</sub> Hi										
Ap	0,2	0,5	0,8	1,4	1,2	4,1	25,1	70,8	a	40,1
2	0,4	0,8	1,1	2,0	1,1	5,5	15,2	79,3	a	3,8
3	0,3	0,7	2,3	5,3	3,0	11,6	13,1	75,3	a	2,5
4	0,1	0,7	3,5	8,6	4,9	17,8	13,0	69,2	a	1,6
5	0,3	1,0	5,2	12,4	6,2	25,1	13,6	61,3	a	1,4
6	0,1	1,0	3,9	8,6	4,5	18,1	14,4	67,5	a	1,6
7	0,1	0,9	1,9	5,0	2,8	10,7	11,9	77,4	a	2,0
8	0,2	0,9	3,3	8,2	4,1	17,5	11,4	71,1	a	2,5

a = argila; ba= barro argiloso

Horizontes ou Camadas	pH		e.mg/100 g					V%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % livre	
	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>			CTC
	<u>Perfil PI</u>									
Ap	6,1	5,4	3,87	1,52	0,10	2,80	0,40	8,88	61,82	15,40
B21	5,6	4,9	1,87	0,61	0,03	3,07	0,45	7,56	33,11	13,85
B22	5,5	4,4	0,30	0,29	0,02	3,05	1,56	5,96	11,91	15,40
B23	5,4	4,4	0,16	0,08	0,03	3,83	1,47	5,48	4,92	16,13
B24	5,5	5,2	0,16	0,16	0,05	2,10	0,48	4,60	8,04	15,99
II B3	5,6	5,1	0,16	0,14	0,04	2,22	0,40	4,48	7,59	17,85
II Cg1	5,6	5,1	0,14	0,15	0,03	2,12	0,51	4,36	7,33	16,13
II Cg2	5,6	4,7	0,14	0,15	0,02	1,98	0,74	4,44	6,98	7,71
	<u>Perfil PIHI</u>									
Ap	5,2	4,1	0,86	0,26	0,05	4,15	3,42	9,52	12,28	0,37
2	5,5	4,2	0,93	0,19	0,04	3,36	3,31	9,40	12,34	0,87
3	5,4	4,5	1,06	0,10	0,04	2,65	4,16	9,04	13,27	0,37
4	5,2	4,4	0,90	0,14	0,04	2,84	3,79	7,84	13,80	0,50
5	5,4	4,4	0,78	0,13	0,04	2,17	3,01	6,72	14,13	3,00
6	5,5	4,2	0,69	0,10	0,06	1,99	3,48	7,56	11,24	4,50
7	5,3	4,2	0,59	0,14	0,05	3,31	3,30	8,68	8,98	6,25
8	4,7	4,0	0,58	0,15	0,05	2,84	5,21	10,00	7,80	2,75

Quadro 14 - Distribuição dos separados do solo, classe textural e argila natural dos perfis P<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>Hi

Horizontes ou Camadas	A r e i a %					Limo % 0,002 mm	Argila% 0,002 mm	Classe Textural	Argila Natural %	
	m		f		Total					
	ms 2-1	1-0,5	0,5-0,25 mm	0,25-0,1 mm						0,1-0,05 mm
AL	0,2	2,9	6,0	8,8	3,8	21,7	22,8	55,5	a	22,5
B1	-	0,6	2,9	6,4	4,2	14,1	15,4	70,4	a	38,9
B21	-	0,6	2,4	6,4	4,6	14,0	16,5	69,5	a	10,3
B22	0,1	0,7	2,8	6,6	4,6	14,8	14,1	71,1	a	1,3
B22	-	0,5	2,6	6,9	4,8	14,8	13,2	72,0	a	1,0
B23	0,1	0,4	2,6	6,1	4,4	13,6	13,6	72,8	a	0,9
B23	-	0,6	2,3	5,6	4,6	13,1	12,8	74,1	a	0,9
B23	-	0,6	2,5	5,9	4,5	13,5	12,8	73,7	a	0,6
B23	-	0,6	3,0	5,8	6,3	15,7	20,0	64,3	a	1,2
Perfil P <sub>2</sub>										
Perfil P <sub>2</sub> Hi										
Ap	6,8	2,4	3,9	4,5	1,7	19,3	30,5	50,2	a	19,9
B1g	0,2	1,1	1,7	3,3	2,4	8,7	24,3	67,0	a	0,4
B2g	-	0,9	1,7	3,5	2,8	8,9	19,5	71,6	a	0,5
B3g	0,1	0,2	2,5	1,6	1,5	5,9	13,1	81,0	a	0,5
IIIC1g	0,3	0,8	2,6	5,5	4,1	13,3	16,7	70,0	a	0,2
IIIC2g	0,7	1,0	2,2	5,3	5,4	14,6	19,4	66,0	a	0,9
IIIC3g	0,3	0,4	2,5	6,6	6,9	15,7	21,6	62,7	a	0,7
IVC4g	1,4	2,2	2,6	20,1	6,7	33,0	23,0	44,0	a	1,2
IVC5g	2,6	2,2	4,0	12,0	5,3	26,1	27,2	46,7	a	1,1
IVR	0,6	0,5	0,4	2,2	1,7	5,4	38,0	56,6	a	3,3

a = argila

Quadro 15 - Análise química dos perfis P2 e P2Hi

Horizontes ou Camadas	pH		e.mg/100 g						%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre
	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	OTC		
<u>Perfil P 2</u>										
A1	5,2	4,7	3,33	1,31	0,35	8,89	1,22	15,60	31,92	10,00
B1	5,1	4,4	0,29	0,11	0,10	5,36	2,40	9,80	5,10	10,71
B21	5,6	4,5	0,19	0,14	0,07	4,42	1,87	8,52	4,69	9,57
B22	5,7	4,8	0,13	0,03	0,11	4,27	1,12	7,68	3,51	11,97
B22	5,9	4,9	0,11	0,08	0,02	4,85	0,59	6,88	3,05	11,13
B23	5,9	5,3	0,16	0,55	0,03	3,49	0,43	6,44	5,27	11,13
B23	6,2	5,5	0,14	0,10	0,07	2,98	0,38	5,28	5,87	12,85
B23	6,2	5,5	0,14	0,06	0,05	2,92	0,38	5,04	4,96	11,99
B23	6,5	5,4	0,14	0,06	0,02	2,80	0,30	4,88	4,51	15,26
<u>Perfil P2Hi</u>										
Ap	4,8	4,4	0,53	0,16	0,32	7,43	4,10	12,92	7,8	1,38
B1g	5,0	4,3	0,34	0,10	0,17	2,92	5,58	10,32	5,9	1,00
B2g	5,1	4,2	0,26	0,05	0,10	1,94	6,72	10,36	3,95	0,50
B3g	5,2	4,2	0,16	0,05	0,07	2,10	8,11	12,12	2,31	2,50
II C1g	5,1	4,1	0,22	0,08	0,08	1,17	7,26	9,84	3,86	1,00
III C2g	5,3	4,3	0,21	0,06	0,07	1,81	3,82	6,72	5,01	2,56
III C3g	5,3	4,2	0,24	0,14	0,07	1,48	3,80	3,96	6,46	2,00
IV C4g	5,4	4,1	0,37	0,19	0,11	1,65	2,43	5,36	12,50	5,00
IV C5g	4,5	3,9	0,78	0,38	0,20	0,78	3,81	6,68	20,35	0,75
IV R	4,1	3,6	1,26	0,66	0,25	1,47	3,28	8,76	24,77	1,12

Quadro 16 - Distribuição dos separados do solo, classe textural e argila natural do perfil P<sub>3</sub>.

Horizontes ou Camadas	A r e i a %						Limo % 0,05 0,002 mm	Argila% 0,002 mm	Classe Textural	Argila Natural %
	mg		mm		I					
	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	mf	Total				
Ap	0,9	3,5	25,7	42,3	7,7	80,1	2,8	17,1	b.ar	5,1
A <sub>3</sub>	0,7	4,6	27,6	35,5	8,7	77,1	3,3	19,6	b.ar	6,5
B <sub>1</sub>	1,1	4,2	27,1	37,0	7,9	77,3	2,2	20,5	b.a.ar	7,4
B <sub>21</sub>	1,0	4,2	24,4	35,5	9,5	74,6	2,5	22,9	b.a.ar	6,3
B <sub>22</sub>	0,6	3,0	19,1	38,1	11,7	72,5	3,0	24,5	b.a.ar	3,2
B <sub>23</sub>	0,6	2,6	21,4	37,9	10,0	72,5	3,1	24,4	b.a.ar	1,8
B <sub>31</sub>	1,1	2,8	20,3	37,2	10,9	72,3	3,3	24,4	b.a.ar	1,5
B <sub>31</sub>	0,7	3,9	24,3	36,9	10,8	76,6	1,8	21,6	b.a.ar	1,5
B <sub>31</sub>	0,9	2,5	18,2	35,5	11,2	68,3	4,6	27,1	b.a.ar	1,4
B <sub>32</sub>	1,1	3,4	18,8	34,3	11,3	68,9	5,5	25,6	b.a.ar	1,3

Perfil P<sub>3</sub>

b.ar = barro arenoso; b.a.ar = barro argilo arenoso

Quadro 17 - Análise química do perfil P3.

Horizontes ou Camadas	pH		e.mg/100 g						%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % livre
	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	CTC		
Ap	5,0	4,5	0,16	0,05	0,04	2,56	1,31	3,72	6,72	1,00
A3	4,9	4,5	0,20	0,04	0,02	1,92	1,04	2,88	9,03	0,62
B1	5,1	4,6	0,16	0,03	0,02	1,63	0,80	2,64	7,95	1,25
B21	5,2	4,8	0,16	-	0,02	1,67	0,56	2,24	8,03	0,87
B22	5,6	4,9	0,20	-	0,02	1,53	0,50	2,84	9,65	1,00
B23	5,2	5,0	0,10	0,06	0,02	3,50	0,50	2,24	8,03	1,00
B31	5,9	5,5	0,10	0,04	0,02	1,60	0,78	1,92	8,33	1,12
B31	5,3	5,3	0,11	0,03	0,02	1,41	0,38	1,60	10,00	1,00
B31	6,2	5,8	0,11	0,05	0,02	1,10	0,30	1,68	10,71	1,12
B32	6,2	5,5	0,11	0,05	0,02	1,21	0,35	1,60	11,25	1,12

Quadro 18 - Distribuição dos separados do solo, classe textural e argila natural dos perfis P<sub>4</sub> e P<sub>4</sub>Hi

Horizontes ou Camadas	A r e i a %						Limo % 0,005 0,002	Argila% 0,002	Classe Textural	Argila Natural %	
	ms 2-1	s 1-0,5	m 0,5-0,25 mm		f 0,25-0,1 mf 0,1-0,25						Total
			0,5-0,25 mm	0,25-0,1	0,1-0,25	mf					
Perfil P <sub>4</sub>											
A <sub>1</sub>	-	1,7	26,7	53,7	8,8	90,4	0,4	9,2	ar	2,7	
A <sub>3</sub>	-	2,5	30,7	48,0	6,9	88,1	0,2	11,7	ar.b.	4,9	
C <sub>1</sub>	0,5	3,2	31,2	44,2	8,5	87,5	0,1	12,3	ar.b.	5,5	
C <sub>1</sub>	0,7	3,3	29,6	44,1	8,8	86,5	-	13,5	ar.b.	5,9	
C <sub>2</sub>	0,3	3,6	32,4	43,7	7,3	87,3	-	12,7	ar.b.	5,1	
C <sub>2</sub>	0,1	1,9	28,7	48,0	8,0	86,7	0,6	12,7	ar.b.	2,6	
C <sub>2</sub>	0,5	2,4	30,6	46,0	7,1	86,6	0,1	13,3	ar.b.	2,0	
C <sub>3</sub>	0,5	1,9	22,8	48,1	11,6	84,9	1,0	14,1	ar.b.	2,3	
C <sub>3</sub>	0,3	1,5	38,4	37,5	6,1	83,8	0,5	15,7	b.ar.	1,4	
C <sub>4</sub>	0,1	1,8	24,0	50,3	9,1	85,3	0,2	14,5	ar.b.	5,1	
Perfil P <sub>4</sub> Al											
AP	0,2	4,2	33,2	42,7	6,8	87,1	2,5	10,4	ar.b.	3,8	
2	0,3	3,7	27,2	39,0	9,0	79,2	3,5	17,3	b.ar.	10,2	
3	0,3	3,5	27,1	37,5	9,0	77,4	2,8	19,8	b.ar.	2,8	
4	0,3	5,3	35,2	32,8	7,1	80,7	2,3	17,0	b.ar.	5,3	
5	0,4	3,6	25,0	35,6	9,5	74,1	3,1	22,8	b.a.ar.	1,6	
6	0,4	4,1	24,5	34,5	9,7	73,3	3,5	23,2	b.a.ar.	2,1	
7	0,4	4,9	24,9	36,2	9,0	75,4	2,0	22,6	b.a.ar.	2,1	
8	0,8	5,2	22,1	34,0	10,4	72,5	2,1	25,4	b.a.ar.	1,8	

ar = areia; ar.b = areia barrenta; b.ar = barro arenoso; b.a.ar = barro argilo arenoso

Quadro 19 - Análise química dos perfis P4 e P4A1.

Horizontes ou Camadas	pH		e.mgs/100 g						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	
	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	CTC		%
	<u>Perfil P4</u>									
A1	5,2	4,7	0,22	0,01	0,04	1,62	0,72	1,88	14,35	0,50
A3	5,4	4,7	0,22	0,02	0,03	1,52	0,59	1,80	15,00	0,56
C1	5,3	4,8	0,22	-	0,02	1,40	0,54	1,76	13,63	0,56
C1	5,3	4,8	0,22	-	0,01	1,25	0,48	1,76	13,06	0,62
C2	5,9	4,9	0,20	-	0,01	1,39	0,37	1,48	14,18	0,56
C2	5,6	5,0	0,20	-	0,02	1,20	0,34	1,36	16,32	0,56
C2	6,0	5,3	0,24	-	0,02	1,11	0,30	1,32	19,69	0,56
C3	5,8	5,2	0,24	-	0,01	1,12	0,35	1,32	18,93	0,56
C3	5,8	5,3	0,20	0,01	0,01	1,10	0,29	1,36	16,32	0,62
C4	5,6	5,3	0,24	-	0,01	1,07	0,29	1,40	17,85	0,62
	<u>Perfil P4A1</u>									
Ap	5,0	4,5	0,20	0,01	0,04	2,72	1,26	3,84	6,51	-
2	5,2	4,5	0,22	0,04	0,03	1,56	1,29	2,80	10,35	-
3	5,9	4,5	0,22	-	0,02	1,01	1,07	2,04	11,76	-
4	5,3	4,5	0,20	-	0,02	1,14	0,99	1,84	11,95	-
5	6,0	4,6	0,18	-	0,02	0,95	1,39	2,16	9,25	-
6	5,8	4,5	0,18	-	0,01	0,98	1,39	1,92	9,89	-
7	5,6	4,5	0,20	-	0,02	1,02	1,23	1,92	11,45	-
8	5,9	4,5	0,22	-	0,02	0,98	1,26	2,36	10,16	0,12



## 6 - CONCLUSÕES

Da interpretação dos dados físicos, químicos e mineralógicos dos perfis de solos estudados no presente trabalho, pode se tirar as seguintes conclusões:

1. Todos os solos estudados são originários de material retrabalhado.
2. As condições de drenagem pobre, em solo da depressão periférica da região de Piracicaba e Rio Claro, são responsáveis pelo retardamento da sequência de intemperismo.
3. A caulinita foi o mineral de argila dominante em todos os perfis e apresentou seus valores sempre acima de 50%.
4. A gibbsita não foi constatada nos solos hidromórficos.
5. Enquanto a vermiculita teve seus maiores valores nos solos de boa drenagem, o material amorfo os teve nos solos de drenagem pobre.
6. O teor de montmorilonita aumentou dos solos de drenagem boa para os de drenagem pobre.
7. De uma maneira geral, os minerais de grade 2:1 (vermiculita, mica, montmorilonita) apresentaram teores inferiores a 15%.
8. As seguintes transformações ficaram evidenciadas:  
CAULINITA  $\longrightarrow$  GIBBSITA (perfil P<sub>1</sub>).  
MICA  $\longrightarrow$  VERMICULITA  $\longrightarrow$  CAULINITA (perfil P<sub>2</sub>Hi).  
CAULINITA e MATERIAL AMORFO  $\longrightarrow$  GIBBSITA (perfil P<sub>3</sub>).
9. De acordo com o grau de intemperismo, a seguinte sequência pode ser proposta:

Para os perfis de boa drenagem:

Perfil P<sub>1</sub> < Perfil P<sub>2</sub> < Perfil P<sub>3</sub> < Perfil P<sub>4</sub>

Para os perfis de drenagem pobre:

Perfil P<sub>1</sub>Hi = P<sub>2</sub>Hi < P<sub>4</sub>Al

10. Os solos arenosos são mais intemperizados do que os argilosos. Ainda nestas condições a ação de água no intemperismo se faz sentir.
11. Os Latossóis Roxos da região de Piracicaba possivelmente são menos intemperizados do que os da região de Ribeirão Preto e Campinas.
12. P<sub>1</sub>- Typic Rhodustult, argiloso, caulinitico, não ácido, isotérmico;  
P<sub>2</sub>- Typic Rhodustult, argiloso, caulinitico, ácido, isotérmico  
P<sub>3</sub>- Typic Acrustox, barro fino, caulinitico, ácido, isotérmico  
P<sub>4</sub>- Typic Quartzipsamment, barro grosseiro, caulinitico, ácido, isotérmico.  
P<sub>2</sub>Hi- Typic Umbraquult, argiloso, caulinitico, ácido, isotérmico.
13. O perfil P<sub>1</sub> foi classificado como Latossol Roxo, o P<sub>2</sub> como Latossol Vermelho Escuro - orto, o P<sub>3</sub> como Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa, e o P<sub>4</sub> como Regossol.

## 7. RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a relação genética existente entre os solos de boa drenagem e os de drenagem pobre de uma mesma catena; paralelamente a este estudo, realizou-se também o estudo taxonômico dos mesmos.

Para estes estudos tornou-se necessário fazer: a identificação morfológica dos solos, a identificação dos minerais da fração argila (fração menor do que 0,002 mm), a análise quantitativa dos argilo-minerais e a interpretação das análises físicas e químicas para fins de classificação do solo.

Foram selecionadas três catenas de solo: sendo as duas primeiras com dois perfis cada uma, e a terceira com três perfis. Nesta última catena, coletou-se um perfil a mais, porque ela apresentou uma sucessão de dois grandes grupos de solos de boa drenagem, o que não aconteceu com as duas primeiras.

As amostras dos sete perfis, em número de 63, foram tratadas convenientemente para se processar a eliminação de sais solúveis e agentes cimentantes (matéria orgânica, óxido de ferro livre, etc), e assim facilitar o estudo da fração argila. Nesta fração foram processadas as determinações químicas (% de  $K_2O$ , sílica, alumínio e C.T.C.) e mineralógicas (raios X e análise térmica diferencial).

Os dados referentes às análises mineralógicas quantitativas revelam que as condições de drenagem pobre são responsáveis pelo retardamento da sequência de intemperismo.

Tomando-se a gibbsita como mineral índice, foi possível ordenar os perfis na seguinte ordem de intemperismo: perfil  $P_1 < \text{perfil } P_2 < \text{perfil } P_3 < \text{perfil } P_4$ , para os solos de boa drenagem e perfil  $P_{1Hi} = \text{perfil } P_{2Hi} < \text{perfil } P_{4Al}$ , para os solos de drenagem pobre.

A caulinita foi o mineral de argila dominante em todos os perfis, apresentando seu menor valor de 51%; a gibbsita teve seus maiores valores nos perfis  $P_3$  e  $P_4$  (Quadros 10 e 11), enquanto que a mica teve expressão ( $< 17\%$ ) somente no perfil  $P_{2Hi}$ , (Quadro 9). A vermiculita apresentou seus maiores valores nos perfis de boa drenagem e o material amorfo, contrariamente, apresentou-os nos perfis com drenagem pobre.

Os perfis estudados, com exceção de dois, foram classificados a nível de família e receberam as seguintes denomina-

Typic Rhodustult, argiloso, caulinitico, isotérmico.

Typic Rhodustult, argiloso, caulinitico, isotérmico.

Typic Acrustox, barro fino, caulinitico, isotérmico.

Typic Quartzipsamment, barro grosseiro, caulinitico, ácido, isotérmico.

$P_{2Hi}$ -Typic Umbraquult, argiloso, caulinitico, isotérmico.

## 8. SUMMARY

The purpose of the study was to find the genetic relation between soils of good and poor drainage, from the same toposequence; at the same time the taxonomic study of the same soils was also done.

For these studies it was found necessary to do the morphological identification of the soils, the identification of the minerals of the clay fraction (smaller than 0.002 mm), the quantitative analysis of the mineral-clays, and the interpretation of the physical and chemical analysis conducted with the purpose of classifying the soil. Three toposequences were selected, the first two with profiles each, and the third one with three profiles. One more profile was collected in the last toposequence because it showed a series of two great groups of soils of good drainage, which was not found in the first two.

The 63 samples of the seven profiles were treated to eliminate the soluble salts, the organic matter and the free iron oxid in order to make it easier to study the clay fraction.

This fraction was subjected to chemical to determine percentage of  $K_2O$ , silica, aluminum and C.E.C., and to mineralogical studies (X-ray and D.T.A.).

The mineralogical quantitative analysis showed that poor conditions are responsible for retarding the weathering sequence.

Taking the gibbsite as the index mineral it was possible to order profiles in the following order of weathering: profile  $P_1 < \text{profile } P_2 < \text{profile } P_3 < \text{profile } P_4$ : for the soils of good drainage and profile  $P_{1Hi} = \text{profile } P_{2Hi} < \text{profile } P_{4Al}$  for the soils of poor drainage.

The kaolinite was the dominant clay mineral in all the profiles, presenting its smallest value at 51%; the gibbsite showed its largest values in the profiles  $P_3$  and  $P_4$ , (Tables 10 and 11). while the mica was significant (17%) only in the  $P_{2Hi}$  profile (Table 9).

The vermiculite showed its largest values in the good drainage profiles, while the amorphous material its largest values in the poor drainage profiles.

The profiles studied, except for two, were classified at the family level and were given the following denominations:

- $P_1$  - Typic Rhodustult, clayey, kaolinitic, isothermic.
- $P_2$  - Typic Rhodustult, clayey, kaolinitic, isothermic.
- $P_3$  - Typic Acrustox, fine loamy, kaolinitic, isothermic.
- $P_4$  - Typic Quartzipsamment, course loamy, kaolinitic, acid, isothermic.
- $P_{2Hi}$ -Typic Umbraquult, clayey, kaolinitic, isothermic.

9 BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ALEXIADES, C.A. and M.L. JACKSON 1961 - Quantitative determination of Vermiculite in Soils - Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 29: 522-527.
2. \_\_\_\_\_ - 1966 - Quantitative clay ' mineralogical analysis of soil and sediments - In Clays and clay minerals. 14th Conf. pp. 35-42. Pergamon Press New York.
3. BAMPO-ADDO, A.; K.V. RAMAN and M.M. MORTLAND - 1969 - Clay ' mineral status of some major soil series in Ghana - Soil Sci. 107 : 119-125.
4. BATES, F.T. - 1960 - Rock weathering and clay formation in Hawaii - College of Mineral Industries - University Park-Pennsylvania - vol. 29 - nº 8.
5. CARVALHO, A. e ROY F. MONTGOMERY - 1971 - Estudo de uma ocorrência de Terra Roxa Estruturada e Latossol Roxo numa sequência ' topográfica no Estado de São Paulo - XIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Vitória - E.Santo (a publicar).
6. CATANI, R.A. ; J.R. GALLO e H. CARGANTINI - 1955 - Amostragem de Solo. Métodos de análise. Interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade - I.A.C. - São Paulo.
7. COMISSÃO DE SOLOS DO SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICA- 1960 - Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de São Paulo - Boletim nº 12 - Rio de Janeiro - Brasil.
8. DEMATTE, J.L.I. e A.C. MONIZ - 1969 - Estudo Pedológico de Perfis da Série Guamium - XII Congresso Brasileiro de Ciência de Solo - Curitiba, Paraná.
9. DEMATTE, J.L.I. - 1970 - Gênese e Classificação dos Solos Originados de Sedimentos do Grupo Geológico Estrada Nova, Município de Piracicaba - Tese de Livre - docência - ESALQ - Piracicaba.
10. DA GLORIA, N.A.; R.A. CATANI e T. MATUO - 1965 - A determinação da capacidade de troca de cations do solo pelo método do EDTA - Revista de Agricultura.
11. DE VILLIERS - 1964 - The genesis of some Natal soil. I Clovelly, Kranskop and Balmoral series. S. Afr. J. Agric. Sci. 7: 417-438.
12. \_\_\_\_\_ - 1961 - Present soil-forming factors and processes in tropical and subtropical regions - Soil Sci. 99: 50-57.

13. DIXON, J.B. - 1966 - Quantitative analysis of Kaolinite and gibbsite in soils by differential thermal and selective dissolution methods - In Clays and clay minerals - 14th Conf. pp. 83-80 - Pergamon Press - New York.
14. ESCOBAR, E.H.; J.L.I. DEMATTÊ e A.C. MONIZ - 1969 - Gênese e Classificação de Alguns Solos da Bacia do Ribeirão Tijuco Preto, Município de Rio das Pedras, S.P.  
I - Análise Mineralógica Quantitativa da Fração Argilo-Bragantia (a publicar).
15. GREEN, H. - 1945 - Classification and use of Tropical Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 10, 392 - 395.
16. HAANTJENS, H.A. and P. BLEEKER - 1970 - Tropical Weathering in the Territory of Papua and New Guinea - Aust., J. Soil Res. 8: 157-177.
17. HARWARD, M.E. and A.A. THEISEN - 1962 - A paste method for preparation of slide for clay mineral identification by X-Ray diffraction - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 90-91.
18. HSU, P.H. - 1963 - Effect of initial pH, phosphats, and silicate on determination of aluminum with aluminon. Soil Sci. 96: 230-238.
19. JACINTO, A.O., R.A. CATANI e A. PIZZINATO - 1969 - A determinação do teor total de cobre, ferro, alumínio, manganês e fósforo do Solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". 26: 157-172.
20. JACKSON, M.L.; B.A. TYLER; A.L. WILLIS; G.A. BOURBEAU and R. P. PENNINGTON - 1948 - Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments. I - Fundamental generalization - Jour. of Phys. and Colloid Chemistry 52: 1237-1260.
21. \_\_\_\_\_ - 1956 - Soil Chemical Analysis - Advanced Course. Published by the author, Madison. Wis. 53706.
22. \_\_\_\_\_ - 1958 - Soils Chemical Analysis - Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New York.
23. \_\_\_\_\_ - 1965 - Clay transformations in soil Genesis during the Quaternary - Soil Sci. 99: 15-22.
24. JOHN, W.D.; R.E. GRIM and W.F. BRADLEY - 1954 - Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods - Jour, Sedimentary Petrology. 24: 242-251.
25. JOHSON, L.J.; R.P. MTELSKI and C.F. ENGLE - 1963 - Clay mineral characterization of modal profiles in several Pennsylvania Countries - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 568-572.
26. KELLER, W.D. - 1964 - Processes of origem and alteration of

- clay minerals - Soil Clay Mineralogy: A Symposium. C.I. Rich and Kunse ed. Univ. of North Carolina Press, Chapel Hill.
27. KILMER, V.J. and L.T. ALEXANDER - 1949 - Method of making mechanical analysis of soils - Soil Sci. 68: 15-26.
  28. MARCOS, Z.Z. - 1971 - Morphologic and Physical Properties of Fine Textured oxisols, State of São Paulo, Tese de Ph.D., Ohio State University, U.S.A.
  29. MEDEIROS, G.B. - 1971 - Gênese e Classificação de Alguns Solos da Bacia do Ribeirão das Palmeiras - Tese de M.S. - ESALQ- Piracicaba.
  30. MENESES LOBO, ANTONIO ELISIO - 1971 - Decontinuidade Litológica de Alguns Solos da Região de Piracicaba - Tese de M.S. ESALQ - Piracicaba.
  31. McALEESE, C.M. and W.A. MITCHELL - 1958 - Studies the basaltic Soils of Northern Ireland - IV - Mineralogical study of the clay separates. J. Soil Sc. 9: 76-80.
  32. McKEAGNE, J.A. and M.G. CLINE - 1963 - Silica in soil - In Agronomy. 15: 339-396.
  33. MEZZALIRA, S. - 1965 - Descrição geológica e geográfica das fôlhas de Piracicaba e São Carlos - S.P. - Instituto Geográfico e Geológico. Boletim nº 13 - São Paulo.
  34. MOHR, E.C.J. and F.A. van BAREN - 1954 - Tropical Soils Interscience - New York.
  35. MONIZ, A.C. - 1969 - Estudo mineralógico de uma Topossequência de Brasília - XII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Curitiba, Paraná.
  36. \_\_\_\_\_ and M.L. JACKSON - 1967 - Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate. Wisconsin Soil Sci. Report. 212.
  37. PENTEADO, M.M. - 1969 - A Bacia de sedimentação de Rio Claro Geographica - Soc. de Geografia de Lisboa. Ano V: 17 (Separata).
  38. RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO - 1966 - Carta de Solos do Município de Piracicaba - E.S.A. "Luiz de Queiroz" - Piracicaba.
  39. \_\_\_\_\_ - 1968 - Pequeno guia para levantamento de solos E.S.A. "Luiz de Queiroz" - Piracicaba.
  40. RUHE, R. - 1959 - Stone lines in soils - Soil Sci. 87: 223-231.

41. SOIL SURVEY STAFF - 1951 - Soil Survey Manual - U.S.D.A. Handbook nº 18. Gout. Printing Office, Washington, D.C.
42. \_\_\_\_\_ - 1960 - Soil Classification - A Comprehensive System 7th Approximation - Soil Conservation Service. U.S.D.A.
43. \_\_\_\_\_ - 1967 - Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Second Printing-Soil Conservation Service . U.S.D.A.
44. SOUTHARD, A.R. and R.W. MILLER - 1966 - Parent Material - Clay Relations in Some Northern Utah Soils - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30, : 97-101.