

**ANÁLISE DIFRATOMÉTRICA DA FRAÇÃO ARGILA DA MASSA
DO SOLO E DO MATERIAL CUTÂNICO EM PERFIS DE PODZÓLICO
VERMELHO AMARELO-VARIAÇÃO PIRACICABA
E TERRA ROXA ESTRUTURADA**

Afonso Maria de Carvalho

— Engenheiro Agrônomo —

DR. ANTONIO CARLOS TEIXEIRA MENDES

— Orientador —

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

PIRACICABA

Estado de São Paulo — Brasil

1 9 7 5

À Neide, Maurício e Daniela

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, cuja orientação segura muito colaborou para a realização deste trabalho,

A Eng^a Agr^a Sonia Carmela Falci Dechen, pela colaboração na impregnação das amostras de solo,

Ao Sr. Roberto Forti, pela confecção das secções delgadas,

A Seção de Pedologia, do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Campinas, pela cessão do equipamento de Raio--X,

A Sra. Edna Maria Pacheco da Silva, pelo serviço de datilografia,

Ao Sr. Francisco Martins Filho pela confecção de gráficos,

Aos docentes e funcionários do Departamento de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu pelo apoio e colaboração prestados,

A todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa,

O nosso

MUITO OBRIGADO.

C O N T E Ú D O

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Material	11
3.1.1. - Solos	11
3.1.2. - Principais equipamentos utilizados	15
3.2. Métodos	15
3.2.1. - Coleta e preparo das amostras de solo .	15
3.2.2. - Análise granulométrica	16
3.2.3. - Remoção das cutans	16
3.2.4. - Análise óptica	16
3.2.5. - Análise da fração argila	16
3.2.5.1. Remoção dos sais solúveis e cátions divalentes trocáveis .	17
3.2.5.2. Oxidação da matéria orgânica .	17
3.2.5.3. Remoção dos óxidos de ferro livres	17
3.2.5.4. Dispersão e fracionamento da amostra	18
3.2.5.5. Preparo e montagem das amostras orientadas	18
3.2.5.6. Reconhecimento dos minerais da fração argila	19

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS	21
5. DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÕES	42
7. RESUMO	43
8. SUMMARY	45
9. BIBLIOGRAFIA CITADA	47

LISTA DOS QUADROS

	<u>Página</u>
1 - Espaçamentos característicos de difração de Raio-X, correlacionados ao tratamento da amostra	20
2 - Teores de argila e relação argila fina/argila gros- sa nos dois perfis estudados	22
3 - Teores de óxidos de ferro livres	23

LISTA DAS FIGURAS

	<u>Página</u>
1 - Difractogramas da fração argila grossa da massa do horizonte Ap do perfil PVp	24
2 - Difractogramas da fração argila fina da massa do horizonte Ap do perfil PVp	25
3 - Difractogramas da fração argila grossa da massa do horizonte B ₂ do perfil PVp	26
4 - Difractogramas da fração argila fina da massa do horizonte B ₂ do perfil PVp	27
5 - Difractogramas da fração argila grossa do material cutânico do horizonte B ₂ do perfil PVp	28
6 - Difractogramas da fração argila fina do material cutânico do horizonte B ₂ do perfil PVp	29
7 - Difractogramas da fração argila grossa da massa do horizonte Ap do perfil TE	30
8 - Difractogramas da fração argila fina da massa do horizonte Ap do perfil TE	31
9 - Difractogramas da fração argila grossa da massa do horizonte B ₂₂ do perfil TE	32
10 - Difractogramas da fração argila fina da massa do horizonte B ₂₂ do perfil TE	33
11 - Difractogramas da fração argila grossa do material cutânico do horizonte B ₂₂ do perfil TE	34

	<u>Página</u>
12 - Difratoqramas da fração argila fina do material - cutânico	35
13 - Fotografia da secção delgada do horizonte B ₂ do - PVp	36
14 - Fotografia da secção delgada do horizonte B ₂₂ da - TE	36

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, vários estudos têm sido desenvolvidos com o propósito de caracterizar o material cutânico, bem como sua gênese. O objetivo desses estudos têm sido revelar possíveis diferenças, em algumas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, entre o material cutânico e a massa do solo.

Diferenças observadas na cor e na textura, entre a massa do solo e o material cutânico, foram relatadas por diversos autores em vários solos, destacando-se KUNZE & OAKES (25); McCALEB (27); SHERMAN & ALEXANDER (36).

Diferenças químicas e físicas, entre o material iluvial e a massa do solo, também foram registradas, sendo que se destacam os trabalhos de BUOL & HOLE (8 e 9); GROSSMAN et alii (19); HEIL & BUNTLEY (21); MILLER (31); CARVALHO & MENDES (12).

Vários trabalhos de pesquisa têm sido realizados com o propósito de mostrar diferenças mineralógicas entre o material cutânico e a massa do solo, como os trabalhos de GROSSMAN et alii (19); MILLER (31); KHALIFA & BUOL (22).

Baseado nessas diferenças observadas por vários autores, objetivou-se, para o presente trabalho, a verificação de possíveis diferenças mineralógicas entre as frações argila da massa do solo e do material cutânico, utilizando-se amostras de perfis de Podzólico Vermelho Amarelo - Variação Piracicaba e Terra Roxa Estruturada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O estudo de materiais opticamente orientados, depositados sobre superfícies de agregados e paredes de vazios, tem sido realizado por muitos autores, destacando-se a identificação de materiais iluviais. O estudo do material iluvial tem sido realizado tanto em secções delgadas (ROSS, 35; BREWER, 5 e 6; FALCI & MENDES, 14; CARVALHO & MENDES, 12), como através de análises físicas, químicas e mineralógicas desse material e da massa do solo.

Em estudos feitos com solos da Austrália, BREWER (4) verificou que a argila iluviada era a mais fina e que o tipo de argila não era fator significativo no controle da iluviação.

GROSSMAN (17), estudando alguns grandes grupos de solos em Illinois, E.U.A., observou que a distribuição da argila

provavelmente reflete a contribuição da argila mais fina nas áreas de acúmulo sobre a superfície dos agregados e da argila mais grossa nas áreas de degradação.

Trabalhando com solos Gray-Brown Podzolic, em observações de campo e de laboratório, THORP et alii (39) concluíram que o acúmulo de argila nos horizontes B é devido, principalmente, ao movimento da argila, em suspensão, dos horizontes mais superiores para os mais inferiores, onde a maior parte de la é depositada por secagem ou por diferenças no ambiente químico.

BARTELLI & ODELL (2), trabalhando com horizontes Beta (camadas enriquecidas de argila abaixo dos horizontes B₂) de solos Gray-Brown Podzolic, ao norte de Illinois, E.U.A., verificaram, através de análise granulométrica, que a fração argila total atingiu um máximo no horizonte B₂ e que a argila fina atingiu um máximo no horizonte Beta. Segundo os autores, a translocação de argila é controlada por processos físicos (transporte pela água e deposição quando esta evaporava) e químicos (efeito floculante do íon cálcio no horizonte Beta).

Em trabalhos realizados com perfis de solos Grey-Wooded, em Minnesota, E.U.A., HARPSTEAD & RUST (20), verificaram que a alta relação argila fina/argila grossa revela iluviação da argila fina.

Para NETTLETON et alii (34) o aumento do teor de argila nos horizontes inferiores deve-se à iluviação de argila em partículas isoladas ou como produtos de decomposição.

Estudando clay skins em um solo Cecil (Typic Hapludult)

KHALIFA & BUOL (22) verificaram que a relação argina fina/argila grossa foi mais alta na cutan e na massa do horizonte B_{22t} e menor na massa do horizonte A_2 .

BREWER (7) afirma que, apesar da diferença de tamanho de partículas, expressado por um horizonte de máximo acúmulo de argila, ser atribuída a iluviação, a contribuição para o horizonte B_t é pequena comparada com o teor total de argila presente, podendo esse acúmulo ser atribuído ao aumento da produção de argila "in situ" por intemperismo.

BUOL & HOLE (9), em cutans separadas do horizonte B de um solo Gray-Brown Podzolic, verificaram que: a) as cutans continham 186% a mais de fósforo total e 177% a mais de manganês total que a massa do mesmo horizonte; b) o pH das cutans era idêntico ao da massa do horizonte correspondente.

HEIL & BUNTLEY (21), confrontando características das faces dos agregados com as de seus interiores, verificaram que no horizonte B_{22t} ocorre mais cálcio trocável no interior dos agregados que em suas faces, o que foi por eles atribuído ao alto teor de cálcio no material de origem. Verificaram também que as faces dos agregados apresentaram teores iguais de magnésio e sódio e teores superiores de potássio em relação aos interiores.

Em estudos realizados com material cutânico separado dos agregados, MILLER (31) observou aumentos de 25 a 100% nos teores de hidrogênio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis em relação aos teores da massa do agregado. A capacidade de troca catiônica do material cutânico revelou-se 18% mais alto que o do material da massa do agregado.

KHALIFA & BUOL (22) observaram que as cutans continham mais argila, argila fina ($< 0,2 \mu$), ferro total, ferro livre, Al_2O_3 , K_2O , P_2O_5 e nitrogênio total e menos sílica e gibbsita, quando comparadas com a massa do horizonte.

Em trabalho realizado com Terra Roxa Estruturada e Podzólico Vermelho Amarelo - Variação Piracicaba, CARVALHO & MENDES (12) verificaram que as cutans possuíam mais hidrogênio, alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis que a massa do horizonte. Observaram também que o pH das cutans era superior ao da massa do horizonte correspondente.

GROSSMAN et alii (18) verificaram que as porções inferiores dos solos estudados possuem coloração que indicam forte mobilização e movimento de sesquióxidos. Uma hipótese alternativa é que as áreas da microestrutura pardo avermelhadas e cinzentas são resultado de processos recentes de formação do solo, resultando da redução, movimento e redeposição do ferro na forma oxidada.

Estudando cutans separadas manualmente, BUOL & HOLE (8) observaram que os difratogramas de Raio-X revelaram bem mais vermiculita e clorita-vermiculita interestratificada na argila das cutans que na argila da massa do horizonte. Contudo, mais clorita foi encontrada na fração argila da massa do horizonte que na fração argila das cutans. O maior aumento proporcional do teor de ferro livre que o de ferro total para as cutans sugere que algum ferro moveu-se independentemente da argila ou da matéria orgânica, ou foi deixado pelo intemperismo da clorita. Concluiu que os dados mostram claramente que o

material das cutans no horizonte B desse solo é bastante diferente, em vários aspectos, do resto do material do solo nesse horizonte.

GROSSMAN (17), trabalhando com solos de Illinois, E.U. A., observou que para todos os horizontes, independente da mineralogia da argila, as argilas das superfícies dos agregados foram mais resistentes à contração com aquecimento a 450°C. Essa resistência à contração foi atribuída ao mais intenso intemperismo na superfície dos agregados, que resulta em fortemobilização de alumínio entre as placas de argila. As argilas da superfície dos agregados contém aparentemente menos ferro total que as argilas da massa do agregado, baseado na intensidade relativa da radiação do tubo de ferro (Fe K). Acredita que a diferença é devida à remoção do ferro livre das vizinhanças da superfície dos agregados pela atividade de quelantes orgânicos e compostos redutores devido ao movimento de água através da superfície do agregado.

Observações feitas por CADY (10) em solo Red-Yellow Podzolic mostra que a argila que se move é a mais fina, porém é mineralogicamente igual a mesma que ainda está na matriz. O movimento de minerais de argila pode ser, segundo ele, acompanhado por movimento de óxidos de ferro ligado às partículas de argila ou em suspensão ou em solução; a argila transportada é então vermelho escura e aparentemente coberta com óxido de ferro. Observou também, em solo Gray-Brown Podzolic que a montmorillonita é o mineral dominante na fração argila do horizonte B e a vermiculita é o mineral dominante na fração argila do ho

rizonte A. Observou a ocorrência de capas de argila opticamente orientada visíveis sobre faces de unidades estruturais e em todos os poros e fendas; essa argila difere da argila da matriz por possuir menor tamanho, maior homogeneidade e provavelmente composição diferente. Afirma também que a montmorillonita, quando presente no material de origem ou formada por intemperismo, tendo um menor tamanho, move-se do horizonte A e do topo do horizonte B e se acumula mais abaixo no horizonte B.

BOURNE & WHITESIDE (3), em estudos de pedogênese de solo chernoz em, afirmam que o aumento do teor de argila e a diminuição dos teores de silte e areia indicam que considerável quantidade de argila dos horizontes A_{11} e A_{12} e alguma argila do horizonte A_{13} moveram-se para baixo para ser depositada nos horizontes B_{21} e B_{22} . Provavelmente a maior parte da argila movida foi a da fração fina e é predominantemente montmorillonita.

Estudando uma sequência de solos de Chernozem a Podzólico, ARNAUD & WHITESIDE (1) verificaram que o horizonte de máximo acúmulo de ferro livre nem sempre coincide com o horizonte de máximo acúmulo de argila.

GROSSMAN et alii (19), estudando superfícies de agregados de horizontes B de solos de Illinois, E.U.A. verificaram que, em comparação com a argila da massa do agregado, a argila da superfície do mesmo incluía mais material no qual o espaçamento de 14 \AA não contraía com aquecimento a 450°C . A diferença na contração ocorre sem uma diferença associada à distribuição por tamanho de partículas. A maior resistência à contração por aquecimento das argilas da superfície dos agregados pode ser causada por acúmulo de alumínio. Concordam os autores com

vários pesquisadores que têm sugerido que, quando o intemperismo se intensifica, hidróxido de alumínio parcialmente desidratado é acumulado entre as folhas da estrutura dos minerais chamados contráteis (vermiculita e montmorillonita) para produzir um mineral tipo clorita.

O termo "lessivage" foi aplicado ao movimento das partículas de argila mais fina ($< 0,001$ mm) da parte superior do solo para a inferior por GERASIMOV & GLOZAVSKAYA (15) que afirmam ser esse processo não precedido nem acompanhado por alguma troca físico-química e destruição de outras partículas.

Em trabalho realizado com material cutânico separado manualmente, MILLER (31) verificou que: a) o material cutânico contém cerca de 30% menos de óxido de ferro livre que o material da matriz; b) Montmorillonita, vermiculita e minerais interestratificados foram mais abundantes e illita, quartzo e caolinita foram menos abundantes na fração argila do material cutânico em relação a fração argila do material da matriz correspondente, embora a illita fosse o maior componente em ambas as amostras; c) as frações argila fina e média ($< 0,2$ μ) contêm mais montmorillonita e minerais interestratificados e menos caolinita, quartzo e illita que a argila grossa ($2 - 0,2\mu$) em todas as amostras analisadas.

Em observações efetuadas em um solo Red-Yellow Podzolic (série Cecil), KHALIFA & BUOL (22) verificaram, trabalhando com material cutânico e a massa do solo, que as frações argila grossa ($2 - 0,2$ μ) não apresentaram diferenças mineralógicas entre as várias amostras analisadas. As amostras da massa do horizonte B_{22t} eram constituídas, em sua maior parte, de caoli

nita e quantidades moderadas de vermiculita, illita e gibbsita. O material cutânico era constituído, em sua maior parte, de caolinita com quantidades pequenas de illita e gibbsita. Já na fração argila fina ($< 0,2 \mu$) ocorreram diferenças distintas na mineralogia. Os difratogramas de Raio-X da argila fina das cutans do horizonte B_{22t} tinham picos fracos e difusos. A argila fina da massa do horizonte B_{22t} e as cutans do horizonte C₁ tinham picos de difração bem definidos e mais intensos. A argila fina do horizonte A₂ apresentou difratograma semelhante ao da argila fina das cutans do horizonte B_{22t}. Esse fato sugere que o local de iluviação para o material das cutans é no horizonte A₂ e sua deposição no horizonte B é devida principalmente a transporte físico.

LEBEDEVA (26), trabalhando com Podzolic Light-Gray e verificando resultados obtidos de análises das partes externas e internas de unidades estruturais, observou que as soluções do solo movem-se essencialmente através das macrocavidades entre as unidades estruturais, concluindo que os processos de formação do solo são mais ativos na parte externa das unidades estruturais, resultando que ela difere qualitativamente, na composição e propriedades, da parte interna destas unidades.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. - Solos

Para o presente estudo foram utilizadas amostras coletadas dos diversos horizontes de dois perfis de solos com horizonte B textural. O primeiro, classificado pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (13), como Podzólico Vermelho Amarelo - Variação Piracicaba (PVp), situado próximo à margem esquerda da estrada que liga Rio das Pedras a Santa Bárbara D'Oeste, a cerca de 1.500 m da primeira, e o segundo, classificado como Terra Roxa Estruturada (TE), situado a cerca de 3.000 m da sede da Estação Experimental Presidente Médici, Município de Botucatu, à esquerda da estrada que a liga a Vitoriana.

As amostras dos diversos horizontes foram coletadas em trincheiras recém-abertas e as descrições morfológicas feitas por CARVALHO (11).

- Perfil PVp (meia encosta)

A trincheira está localizada a cerca de 50 metros da estrada de Rio das Pedras - Santa Bárbara D'Oeste, numa altitude de 620 metros, declividade de 7% e com uma vegetação caracterizada por cana-de-açúcar.

Ap 0-26 cm; pardo avermelhado escuro (5YR 3,5/4, 3/4 úmido, 3/4 amassado); fina; composta de esferoidal, granular, pequena a média, moderado e blocos subangulares, média a grande, moderado; duro, friável, plástico e pegajoso; raízes fasciculadas, abundantes; limite ondulado, claro.

B₂ 26-41 cm; pardo avermelhado (5YR 4/4), vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido, 2,5YR 3/6 amassado) marchetado de pardo amarelado (10YR 5/4); fina a moderadamente fina; composta de prismática, pequena a média, moderado e blocos subangulares, média a grande, moderado; duro, friável, plástico, muito pegajoso; cerosidade abundante; raízes fasciculadas, comum; limite ondulado, claro.

- C₁ 41-90 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido); apresentando material de origem decomposto, cinza N5/, mar-
chetado de pardo amarelado (10YR 5/8); pouco, pe-
queno, distinto; cerosidade comum.
- C₂ 90-136 cm; vermelho (2,5YR 4/6 úmido); apresentando mate-
rial de origem decomposto, cinza N6/1; mosqueado -
de pardo amarelado (10YR 5/6); pequeno, abundante,
distinto; cerosidade abundante.
- C₃ 136-180+ cm; material de origem totalmente decomposto, ver-
melho (10R 4/8); cerosidade pouco a comum.

- Perfil TE (meia encosta)

A trincheira está localizada a 500 metros da estrada -
que liga a Fazenda Lageado a Vitoriana, numa altitude de 750
metros, declividade de 9% e com uma vegetação caracterizada
por cultura de milho.

Ap 0-15 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4, 3/4 úmido,
3/4 amassado); argila; composta de granular,
pequena, moderado e blocos subangulares, pequena a
média, moderado; duro, firme, plástico e pegajoso;
raízes muito finas a finas, abundante; cerosidade
pouca; limite suave, gradual.

- B₂₁ 15-41 cm; pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4, 3/6 úmido, 3/6 amassado); argila; prismática, grande a muito grande, forte; muito duro, firme, plástico e pegajoso; raízes muito finas a finas, abundantes; cerosidade abundante; limite suave, gradual.
- B₂₂ 41-73 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido, 3/6 amassado); moderadamente fina; composta de prismática, média a grande, forte e blocos subangulares, média a grande, forte; duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes muito finas a finas, comum; cerosidade abundante; limite suave, gradual.
- B₂₃ 73-122 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido, 3/6 amassado); mediana; composta de prismática, média a grande, forte e blocos subangulares, média a grande, forte; duro, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; raízes muito finas a finas, comum; cerosidade moderada; limite suave, gradual.
- B₃₁ 122-180+ cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 úmido, 3/6 amassado); mediana; maciça, que se desfaz em blocos subangulares, pequena a grande, fraco; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes muito finas a finas, pouco; cerosidade pouca; limite suave, gradual; presença de fragmentos de rocha alterada.

3.1.2. - Principais equipamentos utilizados

A separação das frações argila grossa ($2-0,2\mu$) e argila fina ($<0,2\mu$) foi efetuada através de uma supercentrifuga SHARPLESS, modelo de laboratório.

As análises por difratometria de Raio-X foram realizadas utilizando-se um aparelho NORELCO. Como fonte de radiação utilizou-se um tubo de cobre com filtro de níquel; a unidade de força trabalhou com 35 KV e 20 m A; o contador Geiger operou com 1.500 V.

Para algumas leituras de extrato, nas análises químicas, utilizou-se um Espectrometro de Absorção Atômica, marca Perkin-Elmer.

As seções delgadas de solos foram estudadas com auxílio de um microscópio de luz polarizada, marca Zeiss, modelo Standard KL-14.

3.2. Métodos

3.2.1. - Coleta e preparo das amostras de solo

Coletou-se aproximadamente 1 kg de terra de cada horizonte, partindo-se do mais inferior para o mais superior. As amostras foram levadas ao laboratório, secas ao ar e à sombra, passadas em peneiras de 2 mm de malha e em seguida acondicionadas em recipientes numerados.

Foram também coletados diversos blocos indeformados, de cada horizonte, que foram levados ao laboratório e secos ao ar.

As amostras indeformadas foram impregnadas segundo MENDES et alii (30) e confeccionadas secções delgadas.

3.2.2. - Análise granulométrica

A determinação das classes de separados do solo foi efetuada pelo método da pipeta (KILMER & ALEXANDER, 23), utilizando-se como dispersante, solução de hexametáfosfato de sódio (Calgon).

A separação das frações argila grossa (2-0,2 u) e argila fina (<0,2 u) foi efetuada segundo as recomendações de MENDES (29), utilizando-se uma supercentrífuga a 30.000 rpm, com uma vazão de 596 ml/min e bico alimentador largo.

3.2.3. - Remoção das cutans

A remoção das cutans foi feita manualmente (CARVALHO, 11). Utilizando-se pequenos blocos, de ambos os perfis, sob uma lupa, raspou-se as cutans com o auxílio de um bisturi. O material assim obtido foi passado por peneira nº 270 (0,053 mm de malha) e acondicionado em frascos numerados. De cada horizonte coletaram-se cerca de 5 g de material.

3.2.4. - Análise optica

As secções delgadas foram estudadas com auxílio de microscópio de luz polarizada, visando-se a observação de material opticamente orientado.

3.2.5. - Análise da fração argila

Para uma completa dispersão dos coloides minerais do

solo e da cerosidade seguiu-se as recomendações de MENDES (28), que inclui a remoção dos sais solúveis, cátions divalentes trocáveis e dos agentes cimentantes, com a matéria orgânica e os óxidos de ferro livres.

3.2.5.1. Remoção dos sais solúveis e cátions divalentes trocáveis

O método utilizado consiste no tratamento a quente da amostra do solo e das cutans com uma solução tampão (pH = 5,0) de acetato de sódio.

3.2.5.2. Oxidação da matéria orgânica

A oxidação da matéria orgânica foi efetuada tratando-se a amostra de solo e das cutans, em meio ligeiramente ácido com peróxido de hidrogênio. Esse tratamento foi efetuado a quente (65-70°C) com a finalidade de se obter melhor oxidação. Após a eliminação do excesso de oxigênio a amostra foi lavada, por 3 vezes, com uma solução de cloreto de sódio a 2,5%.

3.2.5.3. Remoção dos óxidos de ferro livres

O método utilizado para a remoção dos óxidos de ferro livres foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, que consiste em adicionar, à amostra vinda dos tratamentos anteriores, 40 ml de solução de citrato de sódio 0,3 M, 5 ml de solução de bicarbonato de sódio 1 M e 1 a 2 g de ditionito de sódio, com aquecimento controlado (75-79°C). Em seguida promoveu-se lavagens com solução de cloreto de sódio a 2,5%. Foram efetuados tantos tratamentos quantos necessários para a eliminação dos óxidos de ferro livres, o que foi evidenciado pela

coloração levemente acinzentada da amostra.

3.2.5.4. Dispersão e fracionamento da amostra

Após efetuar-se os tratamentos descritos anteriormente, procedeu-se à dispersão e ao fracionamento da amostra.

A fração areia foi separada por tamisagem, utilizando-se uma peneira nº 270 (0,053 mm de malha). A fração de tamanho inferior a 53 μ , isto é, silte e argila, foi recolhida em proveta para posterior separação. A argila foi separada do silte por velocidade diferencial de sedimentação em água.

A fração argila foi subdividida em argila grossa (2 - 0,2 μ) e argila fina (< 0,2 μ) por centrifugação.

3.2.5.5. Preparo e montagem das amostras orientadas

Uma porção de argila em suspensão (\pm 25 mg) foi transferida para tubo de centrífuga de 15 ml e procedida à saturação com K^+ (solução de cloreto de potássio N).

Outra porção de argila em suspensão (\pm 50 mg) foi transferida para tubo de centrífuga de 15 ml e procedida a saturação com Mg^{2+} (solução de cloreto de magnésio N).

Efetuada as saturações, procedeu-se a lavagem com metanol e acetona, visando a eliminação do excesso do cloreto.

Uma vez eliminado o excesso de cloreto, procedeu-se a preparação das amostras orientadas para serem submetidas a difração de Raio-X. A argila saturada com K^+ foi dispersa com um volume aproximado de 2 ml de água destilada, sendo essa suspensão transferida para a lâmina de vidro de microscopia, colo-

cando-se tanto volume quanto pudesse ser mantido por tensão superficial. A argila saturada com Mg^{2+} foi dispersa com um volume aproximado de 4 ml de água destilada, sendo 2 ml dessa suspensão transferidos para a lâmina de vidro. À parte restante adicionou-se 1 gota de glicerol, sendo posteriormente transferida para a lâmina de vidro.

As lâminas contendo argila saturada com K^+ e secas ao ar ($25^{\circ}C$) foram levadas diretamente ao aparelho de Raio-X e irradiadas no intervalo de 2 a 28° (20) recebendo a denominação de "K - natural". Essas mesmas lâminas foram posteriormente aquecidas a $350^{\circ}C$ e $550^{\circ}C$, recebendo a denominação de "K - aquecida" e irradiadas no mesmo intervalo que as "K- naturais"

As lâminas contendo argila saturada com Mg^{2+} e secas ao ar ($25^{\circ}C$), receberam a denominação de "Mg-natural". As lâminas contendo argila saturada com Mg^{2+} e com glicerol, receberam a denominação de "Mg-glicolada". Ambas foram irradiadas no mesmo intervalo que as "K-naturais".

3.2.5.6. Reconhecimento dos minerais da fração argila

O reconhecimento dos diversos minerais presentes na fração argila foi efetuado com auxílio da difração de Raio-X. Os espaçamentos levados em conta para sua identificação encontram-se no Quadro 1, obtido de MENDES (29) e de MONIZ (33).

Quadro 1 - Espaçamentos característicos de difração de Raio-X, correlacionados ao tratamento da amostra.

Tratamen tos	Espaçamento (Å)					
	Gibbsi ta	Caoli nita	Mica	Montmo rillo- nita	Vermi- culita	Clori- ta
K-natural	4,85	7,2	10	14	10	14
K-350°C	xxx	7,2	10	14	10	14
K-550°C	xxx	xxx	10	14	10	14
Mg-natural	4,85	7,2	10	14	14	14
Mg-glicolada	4,85	7,2	10	18	14	14

4. RESULTADOS

Os resultados das análises granulométrica e de óxidos de ferro livres, bem como fotografias das secções delgadas e os difratogramas da fração argila da massa do solo e do material cutânico estão contidos adiante.

Quadro 2 - Teores de argila e relação argila fina/argila grossa nos dois perfis estudados (CARVALHO, 11).

Perfil	Horizonte	Profundidade	ARGILA %			Relação arg. fina/arg. grossa
			Grossa	Fina	Total	
PVP	Ap	0-26	13,40	13,10	26,50	0,98
	B ₂	26-41	21,10	22,00	43,50	1,04
	C ₁	41-90	39,00	21,00	60,00	0,54
	C ₂₁	90-136	38,10	18,60	56,70	0,49
	C ₃	136-180	43,80	17,20	61,00	0,39
TE	Ap	0-15	31,4	14,2	45,6	0,45
	B ₂₁	15-41	36,5	18,5	55,1	0,51
	B ₂₂	41-73	36,9	25,8	62,7	0,70
	B ₂₃	73-122	36,8	20,9	57,7	0,57
	B ₃₁	122-180	39,4	18,2	57,6	0,46

Quadro 3 - Teores de óxidos de ferro livres (extraídos com citrato-ditionito de sódio).

Perfil	Horizonte	Profundidade	% de óxidos de ferro livre
PVp	Ap	0-26	6,04
	B ₂ -M*	26-41	7,47
	B ₂ -C**	26-41	9,42
TE	Ap	0-15	15,47
	B ₂₂ -M*	41-73	16,53
	B ₂₂ -C**	41-73	17,43

M* - massa do horizonte

C** - material cutânico

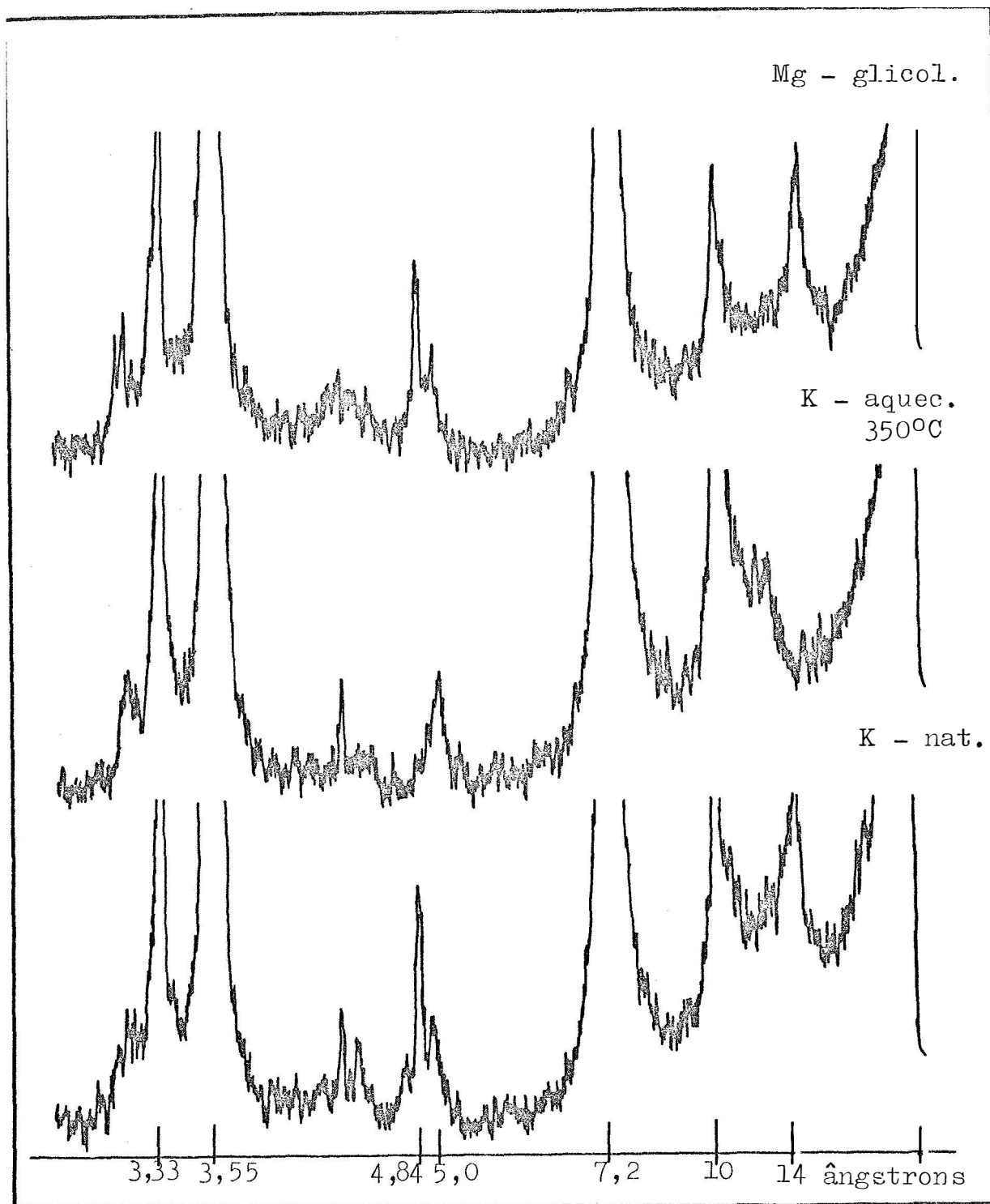


Figura 1. Difratoqramas da fração argila grossa da massa do horizonte Ap do perfil PVp.

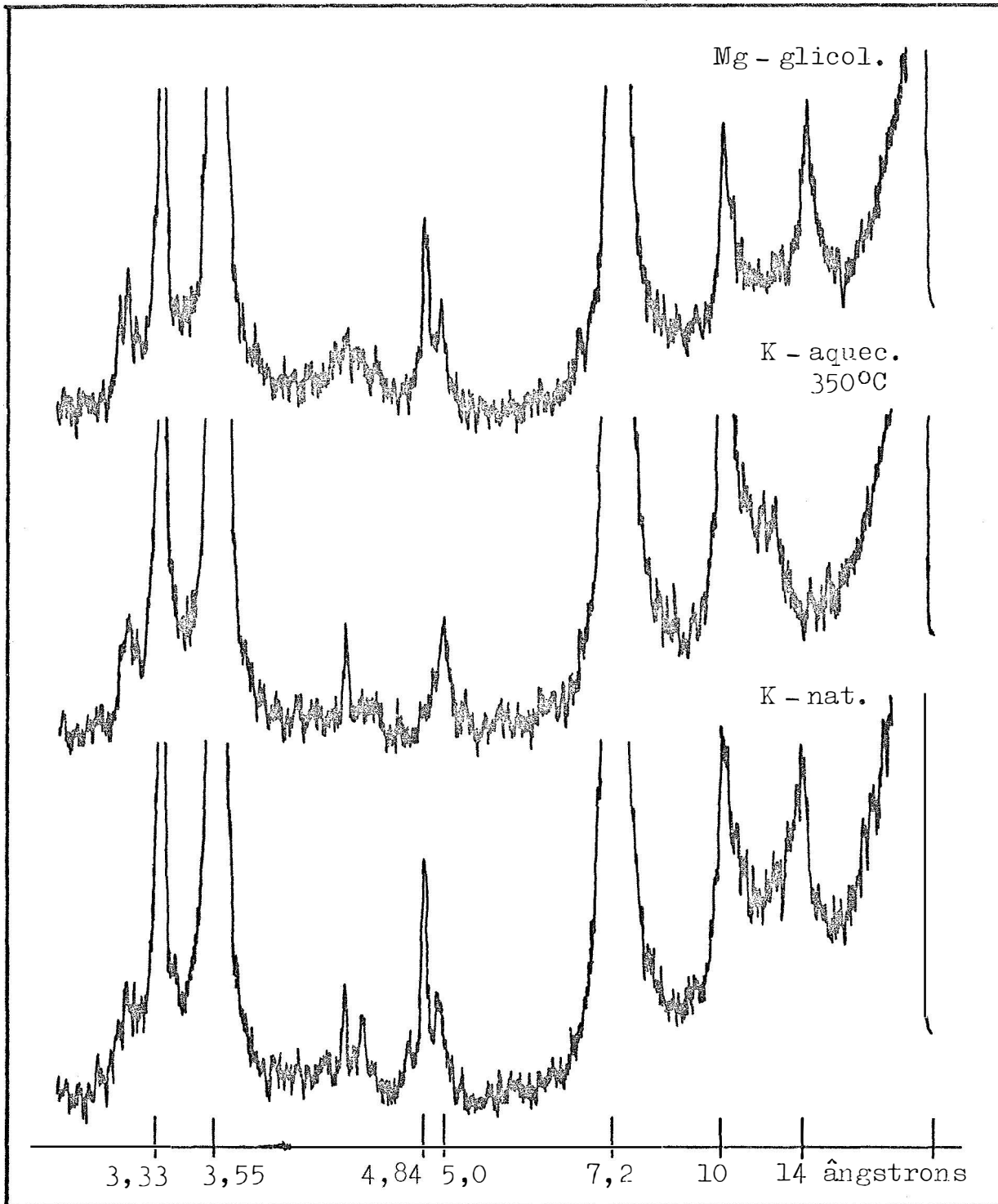


Figura 2. Difratoqramas da fração argila fina da massa do horizonte Ap do perfil PVp.

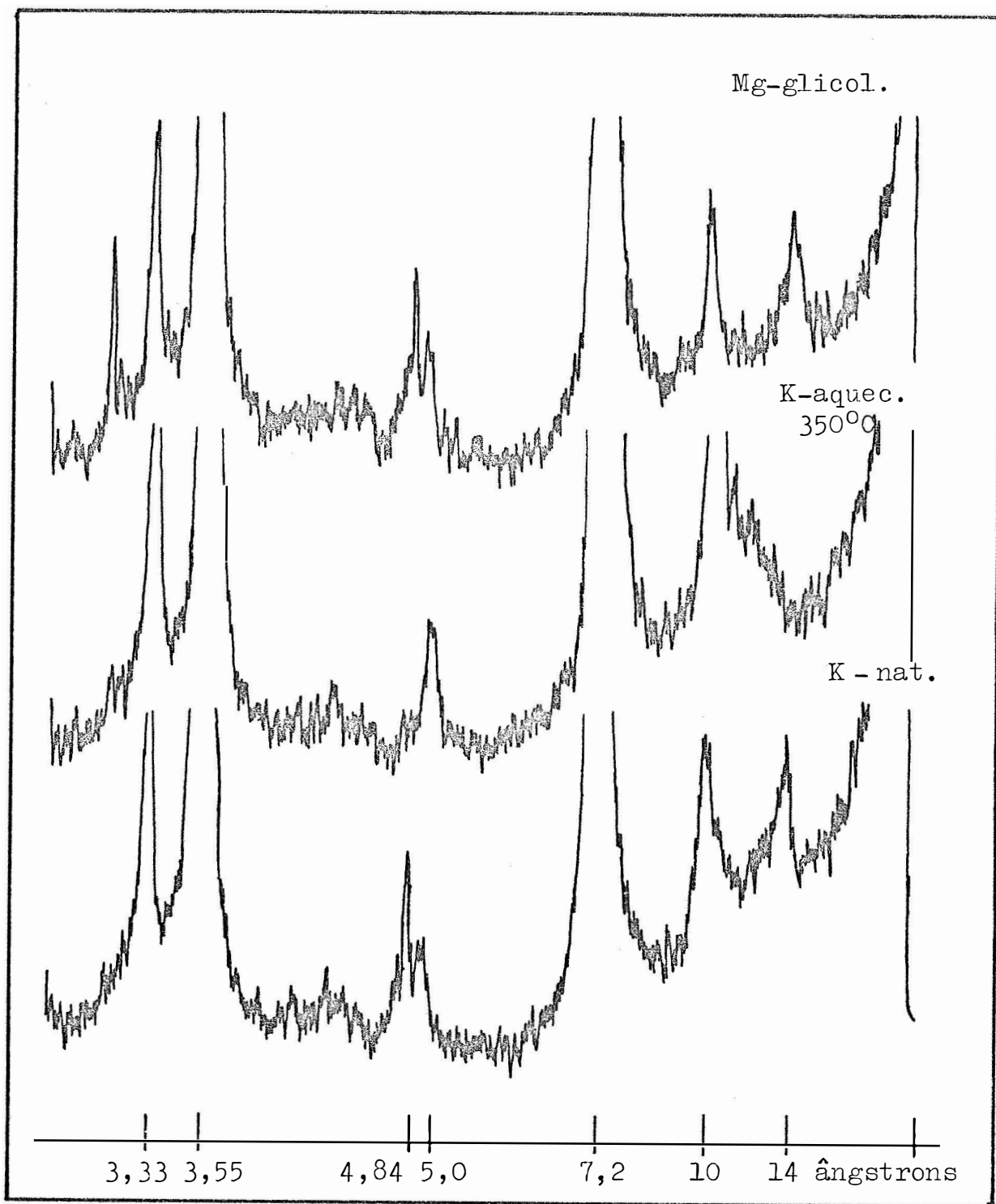


Figura 3. Difratoqramas da fração argila grossa da massa do horizonte B₂ do perfil P_{Vp}.

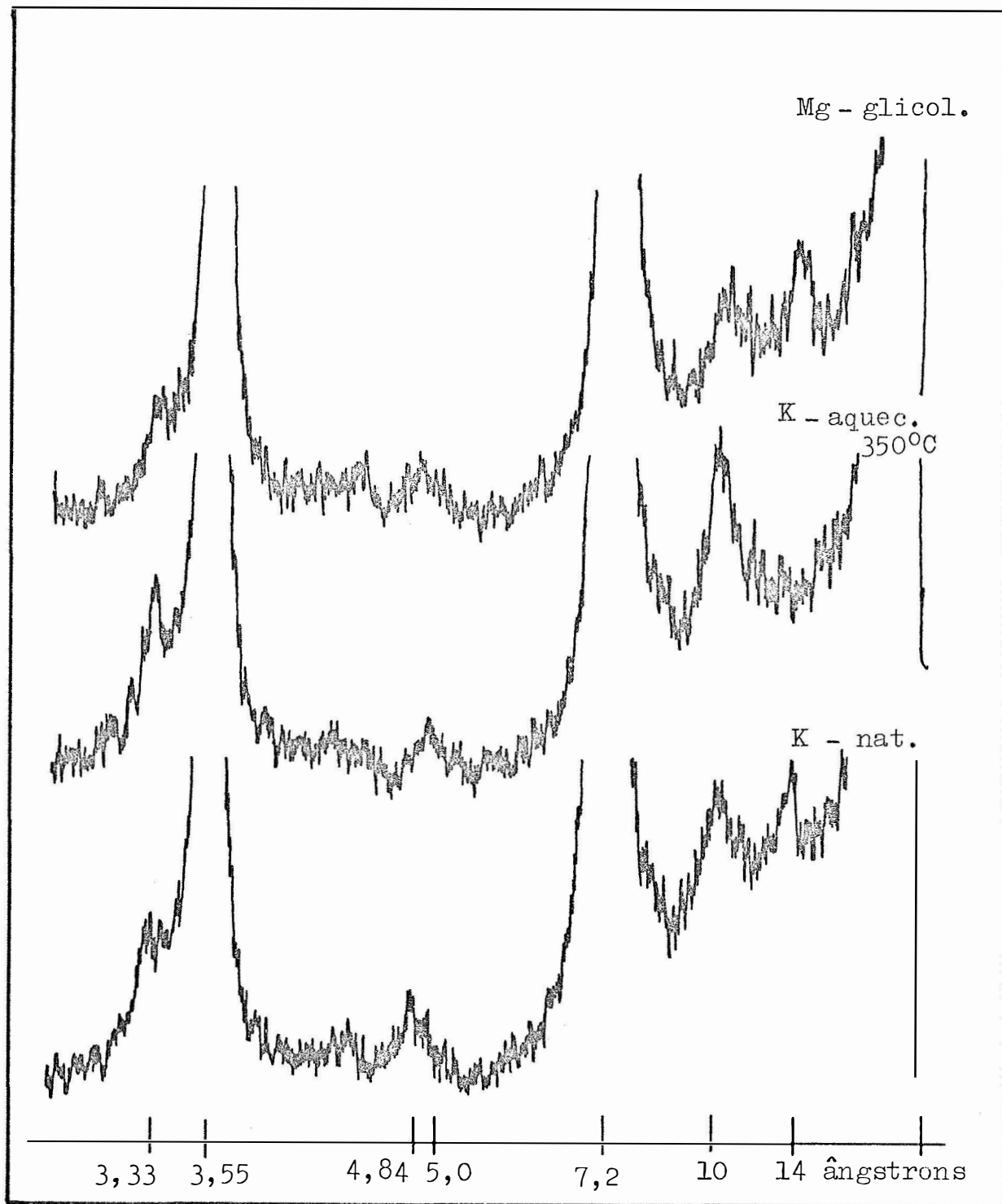


Figura 4. Difratoqramas da fração argila fina da massa do horizonte B₂ do perfil PVP.

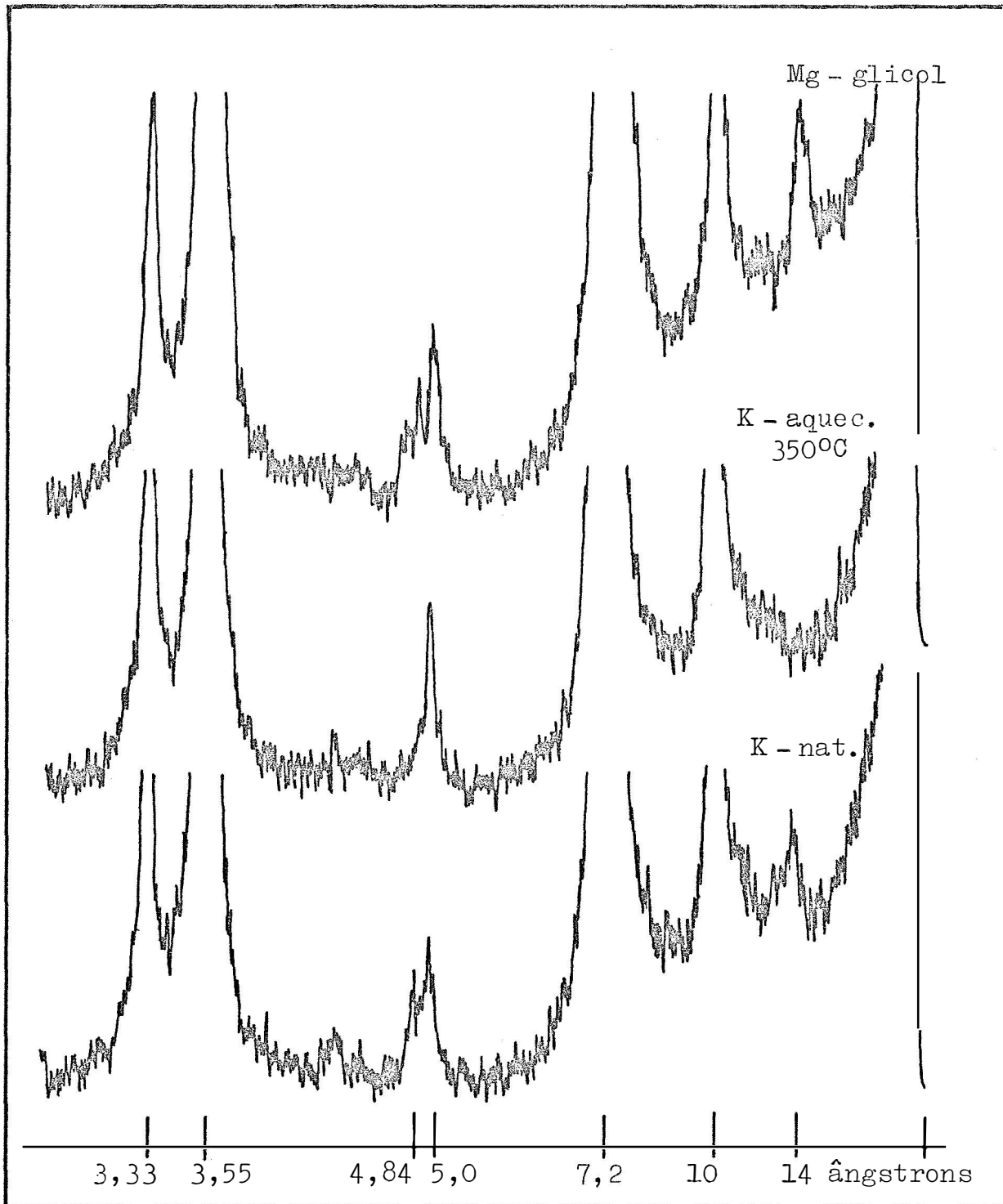


Figura 5. Difrátogramas da fração argila grossa do material cutânico do horizonte B₂ do perfil PVp.

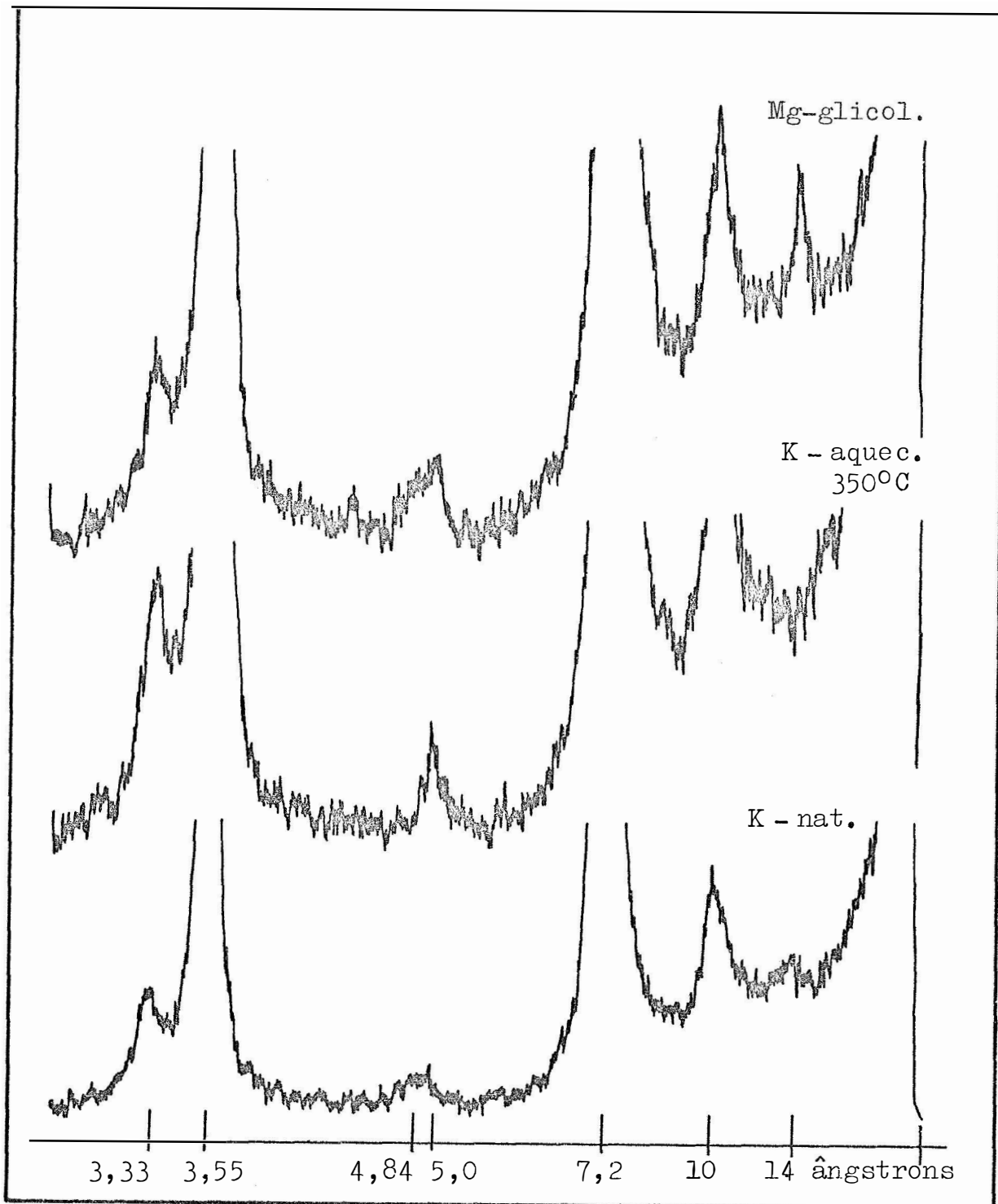


Figura 6. Difratoqramas da fração argila fina do material cutânico do horizonte B₂ do perfil PVp.

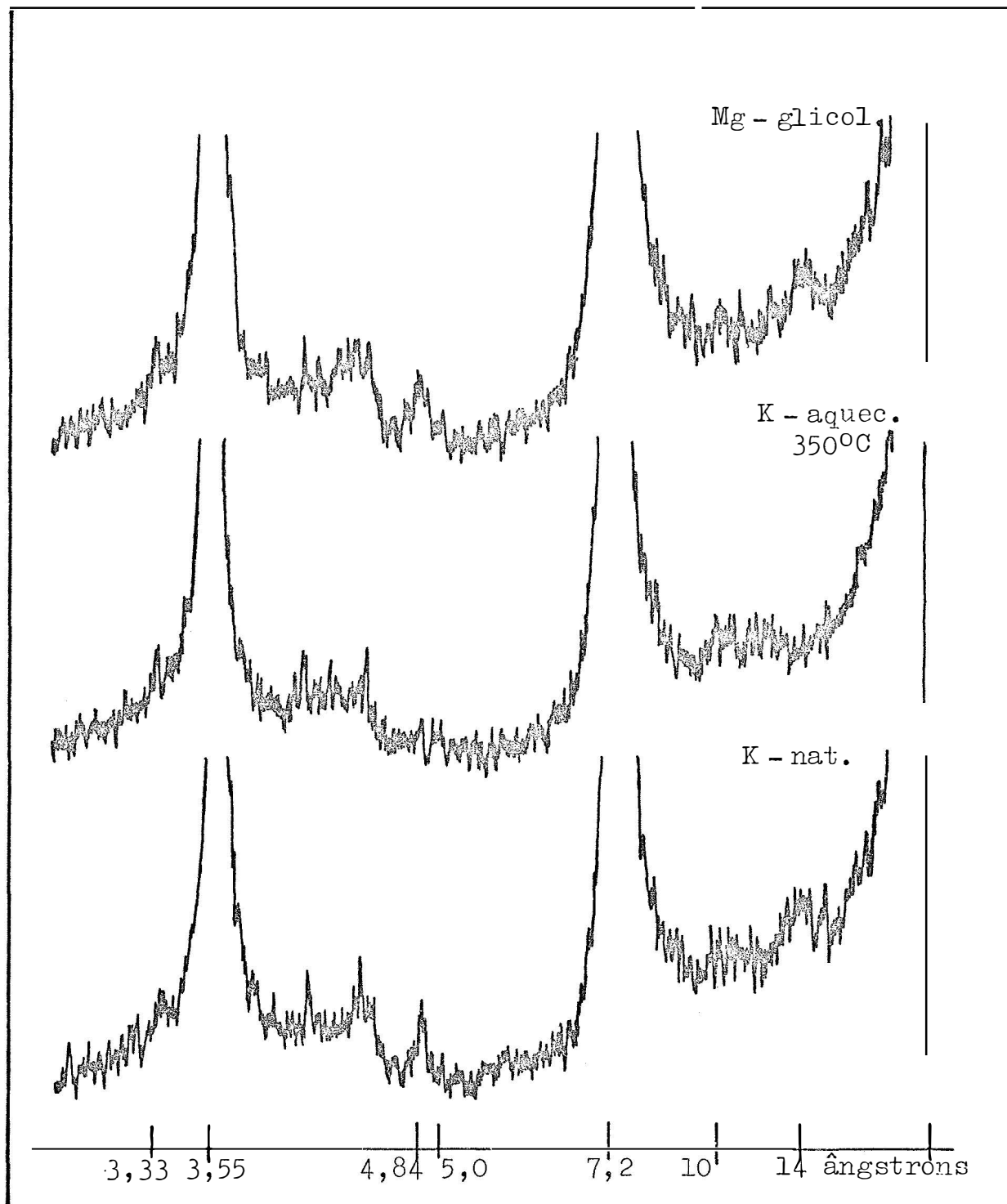


Figura 7. Difratoqramas da fração argila grossa da massa do horizonte Ap do perfil TE.

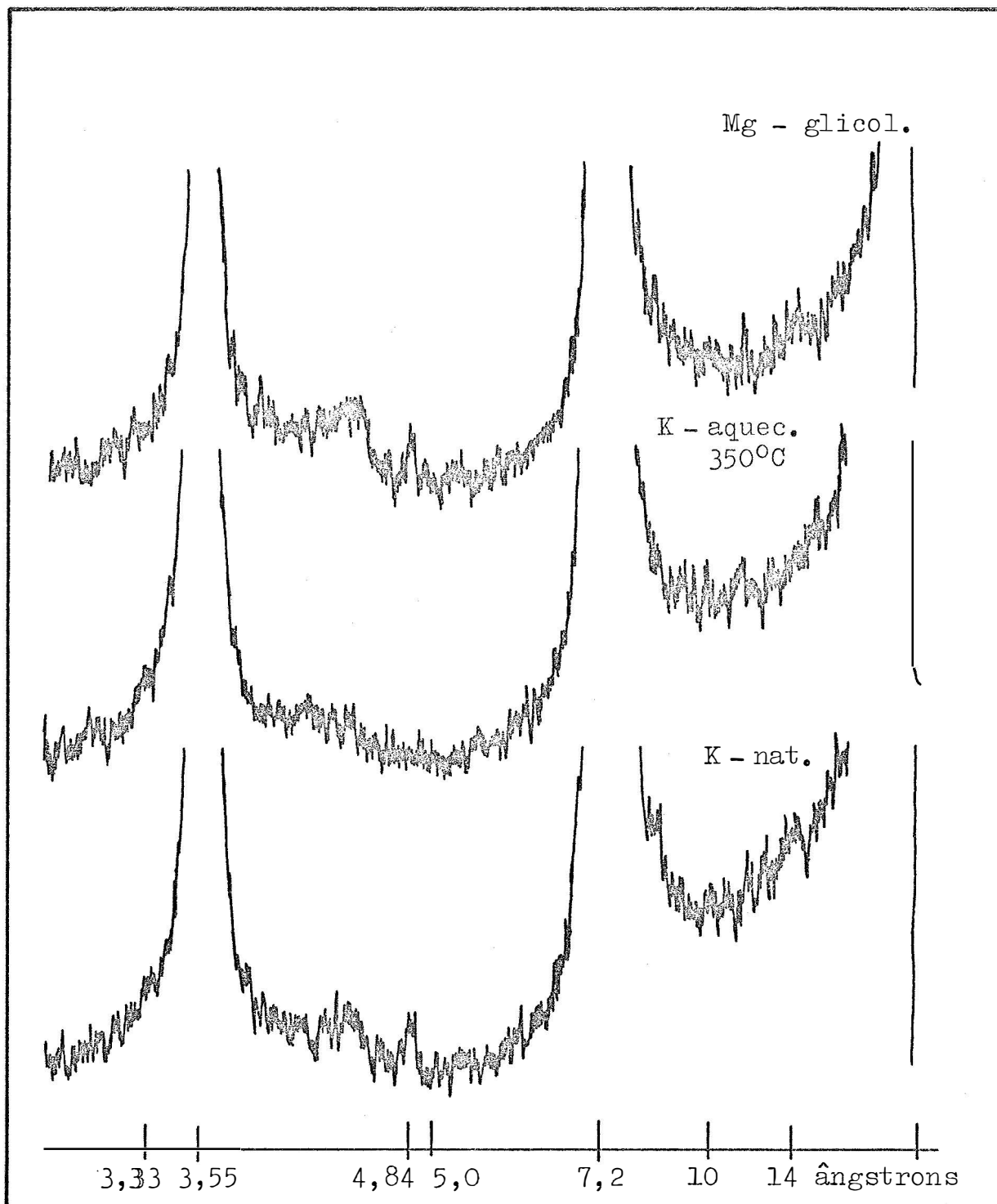


Figura 8. Difratoqramas da fração argila fina da massa do horizonte Ap do perfil TE.

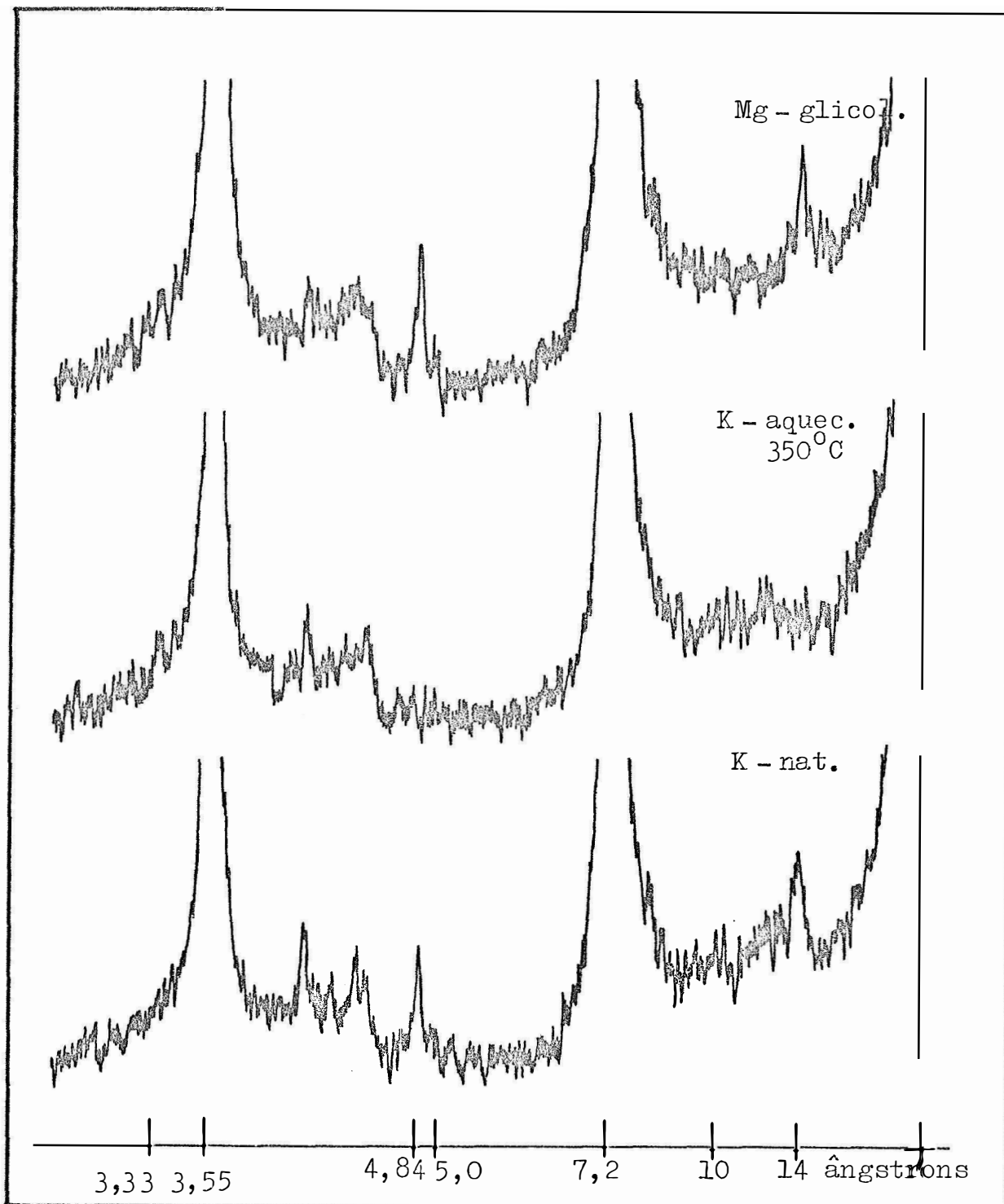


Figura 9. Difratoqramas da fração argila grossa da massa do horizonte B₂₂ do perfil TE.

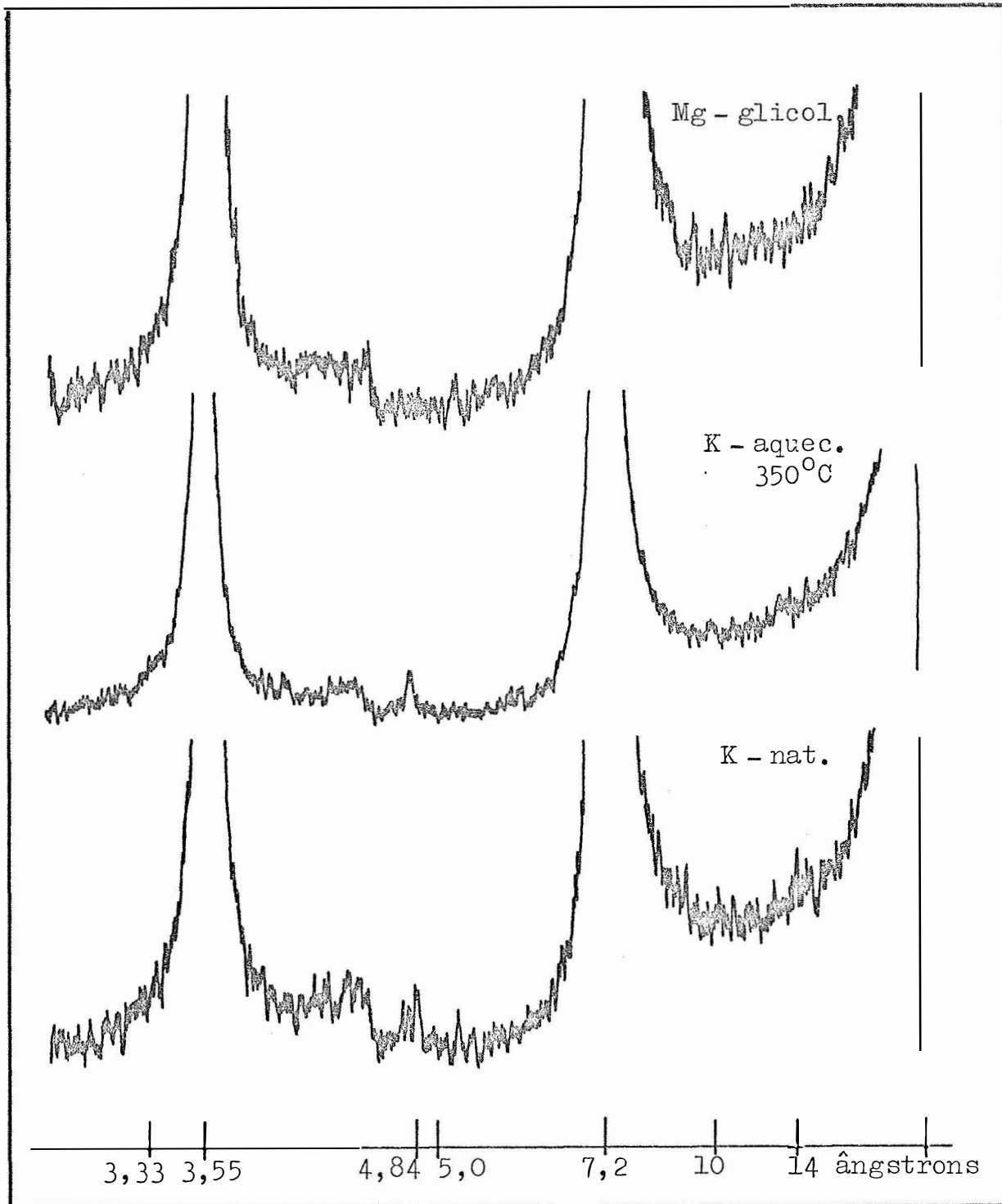


Figura 10. Difrátogramas da fração argila fina da massa do horizonte B22 do perfil TE.

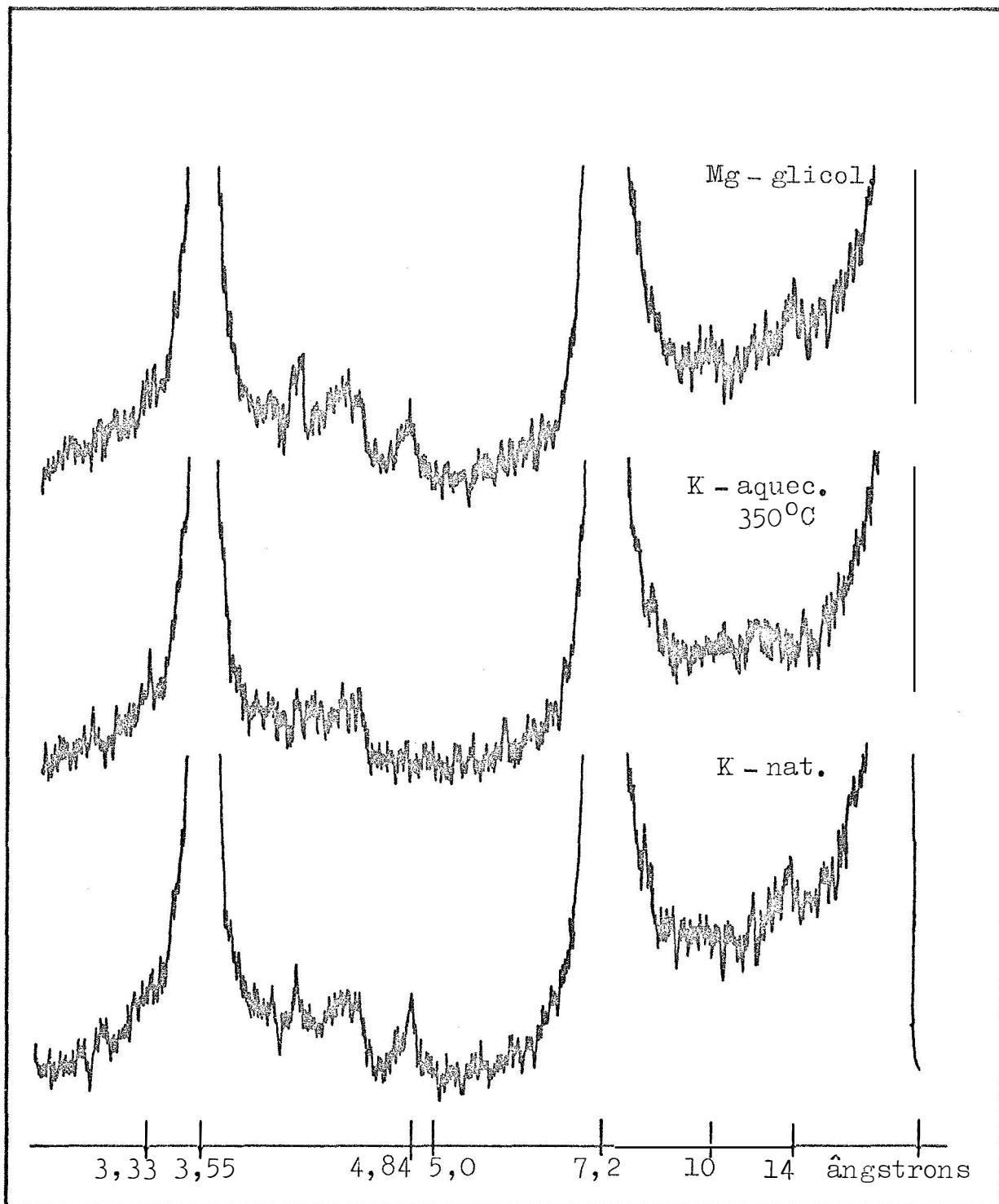


Figura 11. Difratoqramas da fração argila grossa do material cutânico do horizonte B₂₂ do perfil TE.

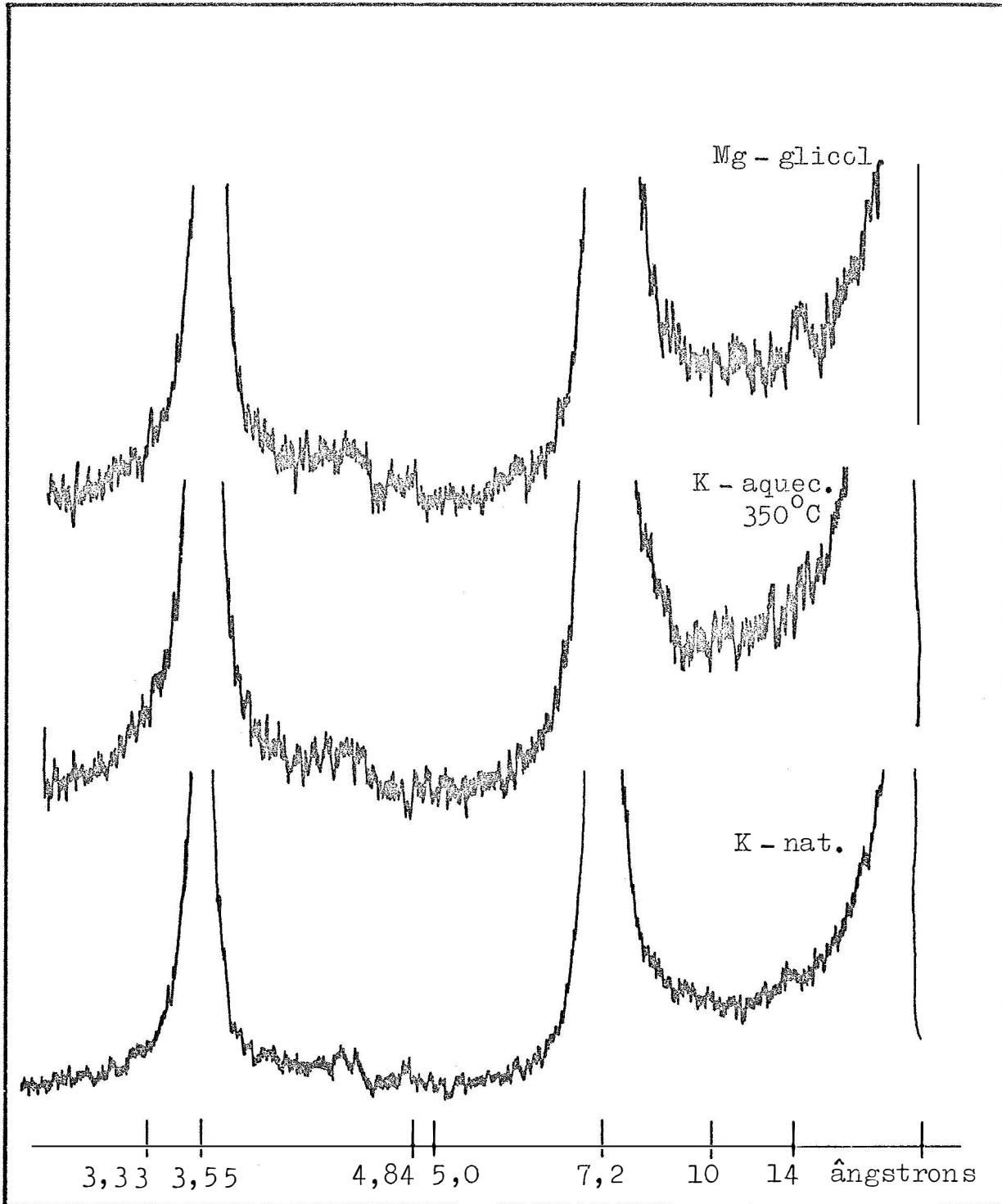


Figura 12. Difrátogramas da fração argila fina do material cutânico do horizonte B₂₂ do perfil TE.

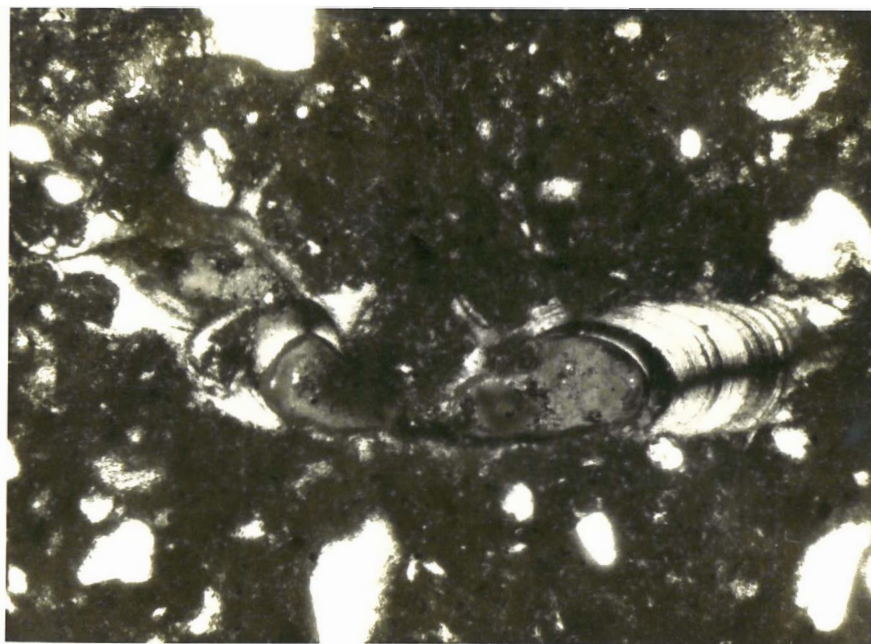


Figura 13 --Fotografia da secção delgada do horizonte B₂ do PVp, apresentando cutans. Nicols cruzados. 122 X.



Figura 14 --Fotografia da secção delgada do horizonte B₂₂ da TE, apresentando cutans. Nicols cruzados. 122 X.

5. DISCUSSÃO

Observando-se o Quadro 2 verifica-se que tanto o PVp como a TE possuem um horizonte de acúmulo de argila, representado pelo horizonte B₂ do PVp e pelo horizonte B₂₂ da TE. Esse acúmulo de argila é considerado, por alguns autores, como sendo resultado de processos de iluviação (BOURNE & WHITESIDE, 3 e HARPSTEAD & RUST, 20). No entanto, certos autores, como SIMONSON (37), MINASHINA (32), KNOX et alii (24) e BREWER (7), afirmam que, quando considerada isoladamente, a ocorrência de um horizonte de acúmulo de argila não caracteriza iluviação.

Outra característica indicativa de iluviação vem a ser a relação argila fina/argila grossa. Os dados contidos no Quadro 2 mostram que a relação argila fina/argila grossa atingem seu máximo exatamente nos horizontes de máximo acúmulo de argi

la. Segundo alguns autores (BREWER, 4; CADY, 10; BOURNE & WHITESIDE, 3; GERASIMOV & GLOZAVSKAYA, 15; NETTLETON et alii, 34), é a argila mais fina que se transloca dos horizontes superiores para os inferiores. Acumulando-se nos horizontes inferiores, essa argila fina iluviada fará com que a relação argila fina/argila grossa torne-se mais alta. Conseqüentemente, a iluviação de material argiloso no solo é evidenciada pela ocorrência de um máximo na relação argila fina/argila grossa (HARPSTEAD & RUST, 20; KHALIFA & BUOL, 22).

O estudo das secções delgadas revelou ausência de cutans nos horizontes Ap de ambos os perfis. Nos horizontes B₂ do PVp e B₂₂ da TE observou-se material argiloso forrando canais e superfícies de agregados (fotografias 1 e 2). Esse material, pela sua orientação optica, continuidade e forte grau de separação da matriz, mostrou tratar-se de material iluvial (BREWER, 6).

O material argiloso eluvia do horizonte Ap, acumulando-se no horizonte B (GILE & GROSSMAN, 16). No presente trabalho verificou-se o mesmo fenômeno, observando-se os resultados obtidos quanto ao máximo acúmulo de argila, relação argila fina/argila grossa e orientação óptica das camadas de material argiloso, contidos no Quadro 2 e fotografias 1 e 2.

Observando-se o Quadro 3 verifica-se que o horizonte B₂ do PVp e o horizonte B₂₂ da TE possuem mais óxidos de ferro livres que os horizontes Ap correspondentes. Os teores de óxidos de ferro livres do material cutânico dos horizontes B₂ do PVp e B₂₂ da TE revelaram-se superiores àqueles da massa do ho

rizonte correspondente. Esses resultados estão de acordo com KHALIFA & BUOL (22); SLAGER et alii (38); GROSSMAN et alii (18). Esse aumento provavelmente seja devido ao fato de que é a argila fina que iluvia e que ela possui um teor mais alto de ferro (ARNAUD & WHITESIDE, 1). É importante também a observação de que o aumento do teor de óxidos de ferro livres no material cutânico do horizonte B₂ do PVp, em relação à massa do horizonte, é proporcionalmente superior ao aumento desse teor no material cutânico do horizonte B₂₂ da TE em relação à massa do horizonte.

A interpretação dos difratogramas de Raio-X obtidos - das amostras da massa dos horizontes e do material cutânico revelou alguma diferença entre esse material e a massa do horizonte.

No caso do PVp verificou-se a ocorrência de caolinita, gibbsita, illita e vermiculita em todas as amostras, tanto da massa do solo como das cutans, sendo a caolinita o mineral dominante em todas as amostras.

A gibbsita (4,84 Å) mostrou picos bem definidos nas frações grossas e picos mal definidos e difusos em todas as amostras de frações finas.

No caso dos picos de illita (10 Å), a diferença de intensidade, entre os picos da fração argila grossa (maior) e os da fração argila fina (menor), foi bem mais nítida nas amostras do material cutânico do horizonte B₂ que nas da massa dos horizontes Ap e B₂. Esses picos de illita, tanto da fração argila grossa como da fração argila fina da massa dos horizontes Ap e

B₂, são bastante semelhantes (praticamente idênticos), diferindo de ambos dos picos das amostras das duas sub-frações do material cutânico do horizonte B₂.

A diferença de intensidade dos picos da caolinita (7,2 Å), entre a fração argila fina (maior) e a fração argila grossa (menor), foi mais evidente nas amostras da massa dos horizontes Ap e B₂, que na amostra do material cutânico do horizonte B₂.

Os picos de gibbsita (4,84 Å) da amostra da fração argila grossa da massa dos horizontes Ap e B₂ são semelhantes, em intensidade, e ambos diferem dos picos da fração argila grossa do material cutânico.

O material cutânico do horizonte B₂ apresenta mais illita do que vermiculita, o que o difere da massa dos horizontes Ap e B₂ que apresentam teores aproximadamente iguais.

Os difratogramas da massa dos horizontes Ap e B₂ são semelhantes, ambos possuindo certas diferenças com os do material cutânico.

No caso da TE, verifica-se a ocorrência de caolinita, gibbsita e vermiculita em todas as amostras, tanto da massa do solo como do material cutânico, sendo a caolinita o mineral dominante em todas as amostras.

Os picos de vermiculita (14 Å) foram mais definidos na fração argila grossa que na fração argila fina de todas as amostras.

Os picos de vermiculita (14 Å) da amostra de material cutânico do horizonte B₂₂ são semelhantes aos da massa do hori

zonte A_p , sendo ambos diferentes dos da massa do horizonte B_{22} , tanto em intensidade como em definição de pico.

Quanto aos picos da gibbsita ($4,84 \text{ \AA}$), os do material cutânico do horizonte B_{22} são semelhantes, em intensidade, aos da massa do horizonte A_p , diferindo dos da massa do horizonte B_{22} .

Observa-se que os difratogramas do material cutânico do horizonte B_{22} são semelhantes aos da massa do horizonte A_p , sendo ambos diferentes dos da massa do horizonte B_{22} .

6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos permitiu obter as seguintes conclusões:

- a) Para cada um dos solos estudados, a composição mineralógica é idêntica à de suas cutans.
- b) Os difratogramas de Raio-X, tanto para o PVp como para a TE, confirmam que as cutans, observadas através de secções delgadas, são iluviais.
- c) No caso da TE, a iluviação de material argiloso é devida unicamente a transporte físico.
- d) A variação de intensidade entre os difratogramas das cutans, no caso de PVp, comparados com os da massa do solo, sugere que sejam feitos estudos de interferência de material amorfo.

7. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o estudo difratométrico da massa do solo e do material cutânico, utilizando-se amostras de perfis de solos Podzólico Vermelho Amarelo-Varição Piracicaba (PVp) e Terra Roxa Estruturada (TE).

As amostras da massa do solo e do material cutânico, extraído manualmente, sofreram tratamentos visando a remoção de cátions divalentes trocáveis, matéria orgânica e óxidos de ferro livres.

Foram confeccionadas lâminas de amostras orientadas, saturadas com K, Mg e glicoladas, as quais foram submetidas a análise por difratometria de Raio-X.

A interpretação dos difratogramas obtidos permitiu as seguintes conclusões: a) para cada um dos solos estudados, a

composição mineralógica é idêntica à de suas cutans; b) os difratogramas de Raio-X, tanto para o PVp como para a TE, confirmam que as cutans, observadas através de secções delgadas, são iluviais; c) no caso da TE, a iluviação de material argiloso é devida unicamente a transporte físico; e d) a variação de intensidade entre os difratogramas das cutans, no caso do PVp, comparados com os da massa do solo, sugere que sejam feitos estudos de interferência de material amorfo.

8. SUMMARY

The objective of the present work was the diffratometric study of the bulk soil and cutanic material, with the utilization of samples of Red-Yellow Podzolic - Piracicaba Variation (PVp) and "Terra Roxa Estruturada" (TE) profiles.

The bulk soil and cutanic material samples, manually extrated, received a treatment that removed the divalent exchangeable cations, organic matter and free iron oxides.

Oriented samples saturated with K, Mg and glycolated was analised by X-Ray diffratometry.

The diffratograms led to the following conclusions: a) for every studied soils, the mineralogical composition is similar to his cutans; b) The X-Ray diffratograms of the PVp and TE showed that the cutans, observed in thin section, are illuvial cutans; c) for the TE, the clayey material was mechanically illuviated; and d) for the PVp, the intensity variation between the cutans diffratograms, when was compared with that of bulk soil, suggest the necessity of studies of amorphous material interference.

9. BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1 - ARNAUD, R.J. St. & WHITESIDE, E.P. Morphology and genesis of a Chernozemic to Podzolic sequence of soil profiles in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 44:88-99, 1964.
- 2 - BARTELLI, L.J. & ODELL, R.T. Laboratory studies and genesis of a clay-enriched horizon in the lowest part of the solum of some Brunizem and Gray-Brown Podzolic soils in Illinois. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 24(5):390-5, Sep./Oct., 1960.
- 3 - BOURNE, W.C. & WHITESIDE, E.P. A study of the morphology and pedogenesis of a medial chernozem developed in loess. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 26(5):484-90, Sep./Oct., 1962.

- 4 - BREWER, R. A petrographic study of two soils in relation to their origin and classification. J. Soil Sci., Oxford, 7(2):268-79, Sep., 1956.
- 5 - _____. Cutans: their definition, recognition and classification. J. Soil Sci., Oxford, 11(2):280-92, Sep. 1960.
- 6 - _____. Fabric and mineral analysis of soils. John Willey and Sons, Inc., ed., New York, 1964. 470p.
- 7 - _____. Clay illuviation as a factor in particle-size differentiation in soil profiles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9. Adelaide, 1968. Transactions... Sidney, Intern. Soc. Soil Sci., 1968, 4:489-99.
- 8 - BUOL, S.W. & HOLE, F.D. Some characteristics of clay skins on peds in the B horizon of a Gray-Brown Podzolic soil. Proc. Soil Soc. Am., Madison, 23(3):239-41, May/June, 1959.
- 9 - _____ & _____. Clay skin genesis in Wisconsin soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 25(5):377-9, Sep./Oct., 1961.
- 10 - CADY, J.G. Mineral occurrence in relation to soil profile differentiation. In: Selected papers in soil formation and classification - SSSA special publication. Soil Sci. Soc. Am., Madison (1):336-41, 1967.

- 11 - CARVALHO, A.M. de. Estudo da cerosidade em Podzólico Vermelho Amarelo - Variação Piracicaba e Terra Roxa Estruturada. Botucatu. 1973. Tese (Doutoramento) - F.C.M. B.B. 58p.
- 12 - _____ & MENDES, A.C.T. Cutans iluviais em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo - Variação Piracicaba e Terra Roxa Estruturada Enviado para publicação na Revista da F.C.M.B.B. 1975.
- 13 - COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA. Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de São Paulo. Bolm. Serv. nac. Pesq. Agron., Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, (12):1-634, 1960.
- 14 - FALCI, S.C. & MENDES, A.C.T. Identificação de cutans em perfis de Latossol Roxo e Terra Roxa Estruturada. Anais Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, - 30:49-70, 1973.
- 15 - GERASIMOV, I.P. & GLOZAVSKAYA, M.A. Fundamentals of soil science and soil geography. Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, p. 111-7, 1965.
- 16 - GILE, L.H. & GROSSMAN, R.B. Morphology of argillic horizon in desert soils of southern New México. Soil Sci. New Brunswick, 106(1):6-15, Jul 1968.
- 17 - GROSSMAN, R.B. Characterization of ped surfaces in contrast to ped interiors from B horizons of some major great soil groups in Illinois. Urbana, 1959. Tese (Ph.D.) - Univ. Illinois. 188p.

- 18 - GROSSMAN, R.B., STEPHEN, I., FEHRENBACHER, J.B. & BEAVERS A.H. Fragipan soils of Illinois: III. Micromorphological studies of Hosmer sil loam. Proc. Soil Soc. Am., Madison, 23(1):73-5, Jan./Feb. 1959.
- 19 - _____, ODELL, R.T. & BEAVERS, A.H. Surfaces of peds from B horizons of Illinois soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 28(6):792-8, Nov./Dec. 1964.
- 20 - HARPSTEAD, M. & RUST, R.H. A pedological characterization of five profiles in Gray-Wooded soils area of Minnesota. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 28(1):113-8, Jan./Feb. 1964.
- 21 - HEIL, R.D. & BUNTLEY, G.J. A comparison of the characteristics of the ped faces and ped interiors in the B horizon of a Chestnut soil. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 29(5):583-7, Sep./Oct. 1965.
- 22 - KHALIFA, E.M. & BUOL, S.W. Studies of clay skins in a Cecil (Typic Hapludult) soil: I. Composition and genesis. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 32(6):857:61, Nov./Dec. 1968.
- 23 - KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Method of making mechanical analysis of soils. Soil Sci., New Brunswick, 68(1):15-26, Jul. 1949.
- 24 - KNOX, E.G., CORLISS, J.E. & WILLIAMS, J.M. Dark colored, acid, forest soils of western Oregon. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 29(6):732-6, Nov./Dec. 1965.

- 25 - KUNZE, G. W. & OAKES, H. Field and laboratory studies of a Lufkin soils, a Planosol. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 21(3):330-5, May/Jun. 1957.
- 26 - LEBEDEVA, I.I. Nature of the illuvial horizon of Light-Gray Forest soils on moraine loams. Soviet Soil Sci., (1):10-9, Jan., 1969.
- 27 - McCALEB, S.B. The genesis of the Red-Yellow Podzolic - Soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 23(2):164-8, Mar./Apr. 1959.
- 28 - MENDES, A.C.T. Identificação das argilas do solo por difração de raio-X. Piracicaba, Depto. de Solos e Geologia da Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1974. 34p. (mimeo).
- 29 - _____ . Dispersão de amostras de solos minerais. Piracicaba, Depto. de Solos e Geologia da Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1970. 47p. (mimeo).
- 30 - _____, FALCI, S.C. & DEMATTE, J.L.I. Seccções - delgadas de solos: método de impregnação. Anais Esc. sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 30:35-48, 1973.
- 31 - MILLER, F.P. Physical, Chemical, and Mineralogical properties related to the micromorphology of the Canfield silt loam - A Fraguidalf. Columbus, 1965. Diss. (Ph. D.). Univ. Ohio. 217p.

- 32 - MINASHINA, N.G. Optically oriented clay in soils. Soviet Soil Sci., Washington, (4):424-30, Apr. 1958.
- 33 - MONIZ, A.C. Mineralogia do solo. In: MONIZ, A.C., ed. Elementos de Pedologia. São Paulo, Poligono, 1972. p. 391-408.
- 34 - NETTLETON, W.D., McCracken, R.J. & DANIELS, R.B. Two North Carolina coastal plain catenas: II. Micromorphology, composition and fragipan genesis. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 32(4):582-7, Jul/Aug. 1968.
- 35 - ROSS, C.S. A method of preparing thin sections of friable rock. Am. J. Sci., New Haven, 7(42):483-5, Jun. 1924.
- 36 - SHERMAN, C.D. & ALEXANDER, L.T. Characteristics and genesis of Low Humic Latossols. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 23(2):168-70, Mar./Apr., 1959.
- 37 - SIMONSON, R.W. Genesis and classification of Red-Yellow Podzolic soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 14: 316-9, 1949.
- 38 - SLAGER, S. JONGMANS, A.G. & PONS, L.J. Micromorphology of some tropical alluvial clay soils. J. Soil Sci., Oxford, 21(2):233-41, 1970.
- 39 - THORP, J., CADY, J.G. & GAMBLE, E.E. Genesis of Miami silt loam. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 23(2): 156-61, Mar./Apr. 1959.