

GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE
UM SOLO DO MUNICÍPIO DE LAVRAS - M.G.

VICTOR GONÇALVES BAHIA

- *Engenheiro Agrônomo* -

DR. ANTONIO CARLOS TEIXEIRA MENDES

- *Orientador* -

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do título
de Doutor.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

1975

A minha esposa
e minha filha

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, pela orientação geral e apoio na realização desta pesquisa.
- Ao Prof. Juventino Júlio de Souza, pelo auxílio na coleta das amostras e descrição morfológica dos perfis.
- Ao Eng^o Agr^o Alcyr C. Nascimento, Chefe da Seção de Pedologia do I.A.C., pelo uso do aparelho de raios X.
- À Eng^a Agr^a Sonia C. Falci Dechen, pela revisão do texto.
- Às Escolas Superiores de Agricultura de Lavras (ESAL) e "Luiz de Queiroz" (ESALQ), pela oportunidade de realização deste curso de pós-graduação.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que através do suporte financeiro permitiu-nos a realização deste curso de pós graduação.
- A todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a realização desta pesquisa.

C O N T E Ú D O

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. MATERIAL E MÉTODO	11
3.1. Material	11
3.1.1. Amostras de solo	11
3.1.1.1. Características do local da coleta das amostras	11
3.1.1.2. Descrição morfológica dos perfís .	13
3.1.2. Peneiras	19
3.1.3. Instrumentos óticos	19
3.1.4. Equipamento de difração dos raios X	19
3.1.5. Reativos principais	20
3.2. Método	20
3.2.1. Remoção de sais solúveis e cátions divalentes trocáveis	20
3.2.2. Eliminação da matéria orgânica	21
3.2.3. Remoção dos óxidos de ferro livres	21
3.2.4. Complementação da dispersão	22
3.2.5. Separação da areia do silte e argila	22
3.2.6. Fracionamento da areia total	23
3.2.7. Separação das frações leve e pesada	23
3.2.8. Separação dos minerais magnéticos	23
3.2.9. Montagem das lâminas para microscopia . . .	23
3.2.10. Arredondamento	

	Página
3.3. Análise qualitativa da fração argila	24
3.3.1. Preparo e montagem das amostras	24
3.3.2. Reconhecimento dos minerais	25
3.4. Análises químicas dos solos	25
3.5. Análises físicas dos solos	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Resultados	30
4.1.1. Perfil P ₁	30
4.1.2. Perfil P ₂	40
4.2. Discussão	54
5. CONCLUSÕES	60
6. RESUMO	61
7. SUMMARY	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DOS QUADROS

	Página
01 - Dados para o traçado do balanço hídrico do município de Lavras-MG	15
02 - Distribuição dos separados do solo e classes texturais do perfil P ₁	31
03 - Resultados das análises químicas do perfil P ₁	32
04 - Resultados do ataque sulfúrico do perfil P ₁	34
05 - Porcentagem dos minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P ₁	41
06 - Minerais identificados na fração areia muito fina do perfil P ₁	41
07 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₁ . Frequências observadas	42
08 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₁	42
09 - Distribuição dos separados do solo e classes texturais do perfil P ₂	43
10 - Resultados das análises químicas do perfil P ₂	44
11 - Resultados do ataque sulfúrico do perfil P ₂	46
12 - Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P ₂	52
13 - Minerais identificados na fração areia muito fina do perfil P ₂	52
14 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₂ . Frequências observadas	53
15 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P ₂	53

LISTA DAS FIGURAS

01 - Localização do município de Lavras no Estado de Minas Gerais	12
02 - Balanço hídrico do município de Lavras	14
03 - Difratogramas da fração argila, horizonte A_3 , perfil P_1	36
04 - Difratogramas da fração argila, horizonte B_1 , perfil P_1	37
05 - Difratogramas da fração argila, horizonte B_{21} , perfil P_1	38
06 - Difratogramas da fração argila, camada T_1 (Trado), perfil P_1	39
07 - Difratogramas da fração argila, horizonte A_3 , perfil P_2	48
08 - Difratogramas da fração argila, horizonte B_1 , perfil P_2	49
09 - Difratogramas da fração argila, horizonte B_{21} , perfil P_2	50
10 - Difratogramas da fração argila, camada T_1 (Trado), perfil P_2	51
11 - Difratogramas da fração argila, camada T_4 (Trado), perfil P_2	58
12 - Difratogramas da fração argila, camada T_2 (Trado), perfil P_2	59

1. INTRODUÇÃO

De acordo com LEENLER & SIMON (21), experimentos de campo instalados sem apoio em mapas detalhados de solo e sem considerar as diferenças de solos existentes nas glebas experimentais, não têm valor científico visto a pouca atenção dispensada à influência exercida pelo solo na produção de culturas e nos delineamentos experimentais.

É, portanto, recomendável o conhecimento adequado do solo nas áreas experimentais, a fim de poder-se relacionar glebas que apresentem um grau de homogeneidade compatível com os objetivos que se buscam, evitando-se, assim, a localização de experimentos em solos que apresentem variações acentuadas e características que possam influir sensivelmente no comportamento das variáveis em estudo.

Atualmente, com a utilização de técnicas mais aprimoradas e seguras para o estudo quali e quantitativo da fração coloidal do solo, novos conhecimentos vieram à luz, razão pela qual, nos últimos anos, os estudos de gênese, morfologia e classificação dos solos sofreram um grande avanço.

O presente trabalho teve como objetivos a caracterização morfológica, mineralógica, física e química de um solo, de ocorrência no Município de Lavras-MG, bem como sua classificação de acordo com a 7ª aproximação do SOIL SURVEY STAFF (31). Para tanto, foram demarcados dois perfis em solos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, e coletadas 15 amostras representativas dos diversos horizontes, e que foram submetidas às análises em laboratório.

Espera-se assim contribuir, mesmo que com uma modesta parcela, para o melhor conhecimento dos solos de Lavras, uma vez que, até o presente, nenhum estudo neste sentido tenha sido feito.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No "Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo", referindo-se ao latossolo roxo, assim se expressa a COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (12): esta unidade de mapeamento não é homogênea quanto aos dados analíticos. Morfologicamente, os perfis se assemelham, porém, apresentam grandes variações nos valores de S, T e V e principalmente no pH em H₂O e em KCl. Alguns perfis dessa unidade de mapeamento apresentam, nos horizontes inferiores, pH em KCl maior do que em H₂O. Perfis iguais a este devem representar o produto final da latossolização. As principais características morfológicas do latossolo roxo são:

- a) . pequena variação de cor entre os horizontes A e B, permanecendo o valor constante e a cor oscilando em duas unidades;
- b) . textura argila tanto no horizonte A como no B;
- c) . grande dificuldade de identificação dos subhorizontes;
- d) . presença abundante de poros;
- e) . grau de coesão (que une os pequeninos agregados no horizonte B) muito fraco;

- f) . efervescência com água oxigenada ao longo do perfil, em vista dos teores relativamente elevados de manganês.

Essa mesma COMISSÃO aponta, como principais caracterizações dos dados analíticos dessa unidade de mapeamento, os seguintes limites de variação:

- a) . conteúdo de argila variável de 40-60%; no horizonte C seu teor é inferior ao B;
- b) . relação textural B/A entre 0,8-1,0;
- c) . as relações moleculares de K_i e K_r variam no B de 0,26 a 1,4 e de 0,82 a 0,15 respectivamente;
- d) . a capacidade de troca de cátions no subhorizonte A_1 e de 0,77 a 8,64 e.mg/100g de solo, no B a variação está entre 0,52 e 6,84 e.mg/100g de solo e finalmente no C seus valores aumentam para 4,30 a 7,99 e.mg/100g de solo;
- f) . a saturação de bases apresenta teores entre 8 e 70% no A, e de 20-88% no B; no horizonte C, em geral, é mais elevada;
- g) . os valores para o pH em H_2O de modo geral aumentam com a profundidade do perfil, variando entre 4,8 e 6,8 e, os do pH em KCl variam entre 4,3 e 6,9;
- h) . entre os cátions trocáveis predomina o cálcio com mais de 50% da soma de bases permutáveis. No horizonte A os teores de cálcio variam de 0,51 a 6,25 e.mg/100g de solo, os de magné -

sio entre 0,31 e 2,12 e.mg/100g de solo, os de potássio entre 0,04 e 0,62 e.mg/100g de solo e os de sódio entre 0,3 e 0,5 e.mg/100g de solo. No horizonte B, os valores de cálcio, magnésio, potássio e sódio, em geral, são inferiores aos do horizonte C.

Em 1970, a EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO (13), mapeou e classificou extensas áreas de latossolo roxo, nas regiões noroeste e nordeste do Estado do Paraná, separando-as conforme os valores de V% fossem altos ou baixos, em latossolo roxo eutrófico e distrófico, respectivamente. Nesta separação, considerou-se ainda o tipo de vegetação e topografia existentes.

Também em 1970, a EQUIPE DE PEDOLOGIA DO IPEAN (15) em um levantamento de reconhecimento no município de Alenquer, no Estado do Pará, mapeou e classificou uma área de ocorrência de latossolo roxo, similar ao descrito pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (12) no Estado de São Paulo. Todavia, o teor de argila dos solos por ela descritos apresenta-se com uma variação porcentual de 29 a 40% no horizonte A e 30 a 43% no B. Os valores para a soma de bases 13,5 a 15,19 e.mg/100g e CTC de 16,21 a 18,55 e.mg/100g estão bem abaixo do máximo apresentado para os solos de São Paulo.

As determinações da composição mineralógica dos solos do Estado de São Paulo iniciaram-se em 1953, quando PAIVA NETO et

alii (29) efetuaram o primeiro levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Ribeirão Preto e descreveram a terra roxa legítima (latossolo roxo).

Já em 1936, CARROLL (11), em estudos mineralógicos realizados em solos da Austrália, chamava a atenção para a importância do estudo dos minerais pesados, afirmando que estes sempre dão uma indicação clara a respeito da natureza do material de origem dos solos, como também são de utilidade nos mapeamentos geológicos.

Segundo o SOIL SURVEY STAFF (31), a mineralogia das frações grosseira e fina do solo é utilizada para a distinção dos mesmos, ao nível de família.

Em 1966, MELFI et alii (22) estudando a série Chapadão, no município de Campinas-SP, constataram a presença de argilo-minerais do grupo de caolinita e hematita em todos os horizontes. Verificaram, também, a ocorrência da gibbsita, embora em quantidades bem menores.

MONIZ & JACKSON (26) em 1967, estudando solos da região de Ribeirão Preto-SP, constataram que a terra roxa estruturada é um solo menos intemperizado que o latossolo roxo. Tomando o teor de gibbsita como um índice de intemperismo, esses pesquisadores verificaram que: quando tal teor superava 10%, o solo era um

latossolo roxo, ao passo que, com valores inferiores a 10%, o solo era terra roxa estruturada. Formularam hipóteses relacionadas à gênese dos solos: a terra roxa estruturada seria derivada de meláfiro, mais rico em bases do que o basalto ou diabásio, tendo sofrido previamente uma alteração química e mineralógica por soluções hidrotermais, tornando-se uma rocha mais resistente ao intemperismo do que a original. Há tendência do índice de saturação em bases decrescer com o grau de intemperismo.

Em 1970, MOURA FILHO (27), trabalhando com solos da região do Triângulo Mineiro, apresentou dois perfis de latossolo roxo, com características muito semelhantes aos de ocorrência em São Paulo, com saturação de bases elevada para o horizonte B. Estes perfis receberam, ao nível de grande grupo, a classificação de Eustrtox. Na fração argila o autor encontrou 41% de caolinita, 13% de gibbsita, 6% de vermiculita cloritizada e 20-21% de material amorfo.

ANDRADE (3), em 1971, estudando uma catena de solos no município de Piracicaba-SP, incluindo o latossolo roxo, encontrou como mineral dominante a caolinita, com teores variando de 65 a 77%, material amorfo inferior a 17,24%, gibbsita inferior a 2,7%, mica, vermiculita e montmorillonita sempre abaixo de 15%. Observou ainda a diminuição da caolinita e aumento da gibbsita nos hori

zontes mais superficiais, o que sugeriu a transformação da primeira na segunda.

Em 1971, SOUZA (33) trabalhando com solos classificados como latossolo roxo, no município de Iracemápolis-SP, encontrou também uma dominância de caolinita, 59%; material amorfo variando de 12,2 a 18,2%; gibbsita abaixo de 10%; e mica, vermiculita e montmorillonita em porcentagens inferiores a 20%.

ESCOBAR et alii (14), efetuando as análises mineralógicas quantitativas das frações argila grossa e argila fina de um latossolo roxo, no vale do ribeirão Tijuco Preto, município de Rio das Pedras-SP, encontraram, na primeira delas, a variação de 63,5 a 79% de caolinita, 12,5 a 26,0% de alofana, 5,3 a 15,0 de gibbsita, 0,7 a 1,4% de mica e 0,4 a 1,0% de vermiculita. Na fração fina encontrou 66,7 a 79,0% de caolinita, 13,6 a 22,5% de alofana, 5,5 a 10% de gibbsita, 0,5 a 1,4% de mica e 1,0 a 1,8% de vermiculita. Tomando como índice de intemperização o teor de gibbsita, ou o valor de K_i , verificaram que esse solo é menos intemperizado do que o da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", (atual Centro Experimental de Campinas-SP), no município de Campinas-SP, situado também na depressão periférica. É também, menos intemperizado que os do planalto central, estudados pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (12) e MONIZ & JACKSON (26).

CARVALHO & MONTGOMERY (10), em 1973, estudando latossolo roxo e terra roxa estruturada, numa sequência topográfica, no Estado de São Paulo, constataram na análise mineralógica da fração argila, que a terra roxa estruturada é composta principalmente de caolinita (60 a 70%) e material amorfo (23-30%), enquanto que o latossolo roxo é constituído praticamente por proporções iguais de caolinita e gibbsita (38-40%) ou apresenta teores de gibbsita ligeiramente superiores aos de caolinita.

Nesta mesma época, ALOISI (1), estudando uma toposequência transversal ao município de Jaboticabal-SP, e da qual fazia parte um latossolo roxo, constatou, através da análise mineralógica da fração argila, uma dominância de caolinita (60-79,5%), gibbsita (9,5-37,0%), mica (0,4-2,6%), vermiculita (0,5-2,3%) e alofana (3,1-6,0%).

CARVALHO et alii (8), em 1974, estudando a variabilidade de características mineralógicas, através da análise estatística, em duas áreas homogêneas de oxissolo, uma na Estação Experimental de Limeira e outra na Estação Experimental de Ribeirão Preto, encontraram uma composição mineralógica bastante similar, para os solos das duas áreas, ou seja, predominância de caolinita e gibbsita, e quantidades inferiores de vermiculita. Os valores obtidos pela análise de variância, utilizando-se o teste F, permiti

ram concluir que, nas duas áreas, a variação dos teores de gibbsita entre pontos é significativa ao nível de 1%, o mesmo não acontecendo com a variação entre camadas. Por outro lado, a variação dos teores de caolinita nas duas áreas não é significativa nem entre pontos, nem entre camadas. Portanto, já que tanto para a caolinita como para a gibbsita as variações em profundidade não foram significativas, as áreas estudadas são homogêneas verticalmente. Segundo os autores, esse fato somado às observações em trabalhos anteriores realizados por CARVALHO (8) em 1970 e MONIZ & JACKSON (26) em 1967, permite uma certa generalização das observações, de modo a admitir-se uma homogeneidade vertical para os oxis solos em geral.

Em 1975, ALOISI (2), estudando a mineralogia da fração argila de solos do município de Jaboticabal-SP, encontrou para a série Jaboticabal, constituída por latossolo roxo, 43,5-50,5% de caolinita, 28,5-38,0% de gibbsita, 21,4-25,2% de alofana e 0,5-0,7 de mica. No mesmo trabalho, o autor chama a atenção para a pesquisa da ocorrência de halloysita, uma vez que foram acusadas pelas microfotografias eletrônicas.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Amostras de solo

Foram utilizadas para este estudo, dois perfis de solo identificados como latossolo roxo, localizados na área coberta por mata natural, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, no município de Lavras-MG. A posição da sede do município, em relação às diversas regiões do Estado, está apresentada na Figura 1.

Para a coleta de amostras e descrição morfológica dos perfis foram abertas trincheiras até à profundidade de 2 m. Foram coletadas amostras dos diversos horizontes, num total de 15. As amostras mais profundas foram coletadas através de trados.

3.1.1.1. Características do local de coleta das amostras

O tipo climático da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwb, caracterizado por um total de chuvas no mês mais se

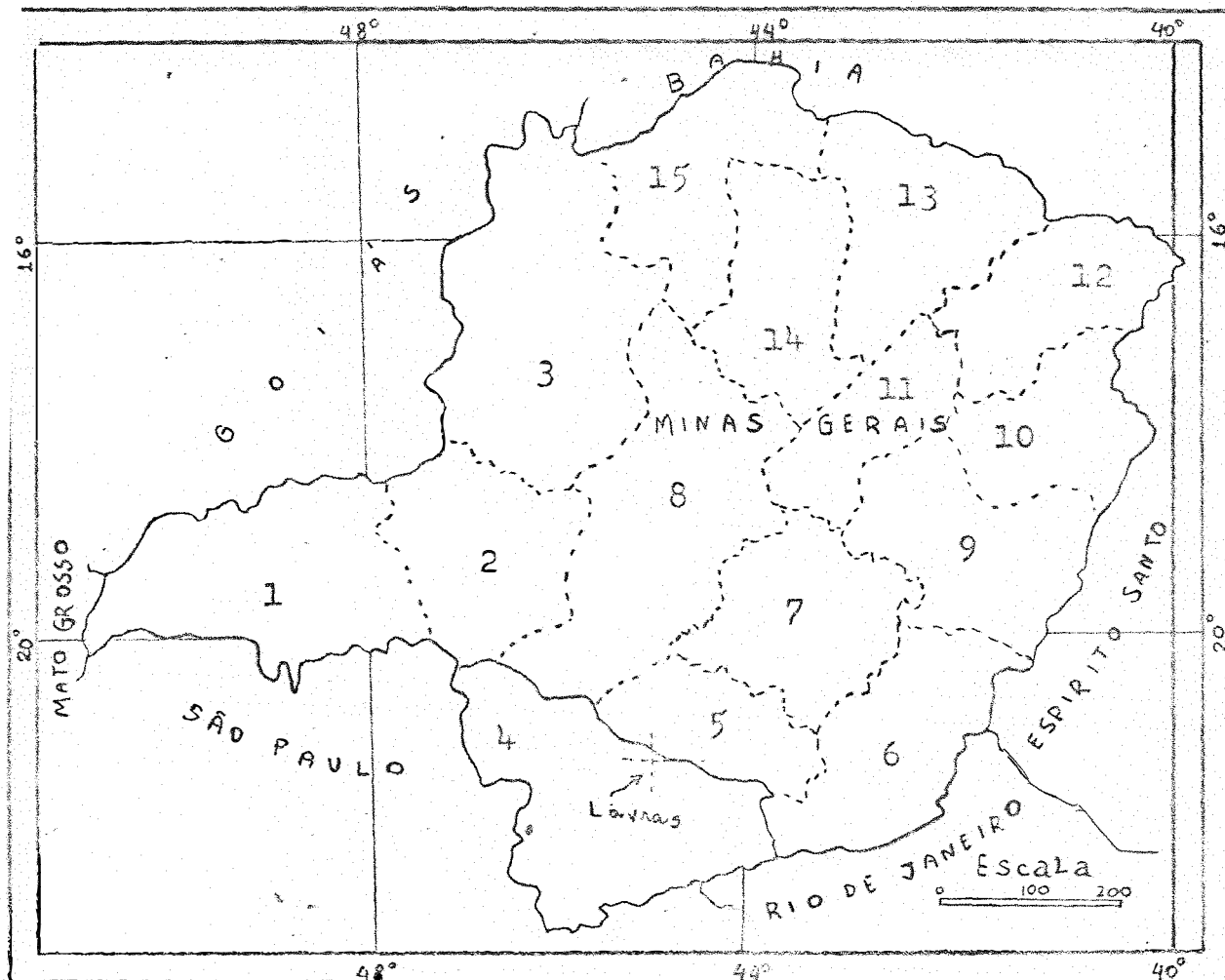


FIGURA 1 - Localização do Município de Lavras no Estado de Minas Gerais.

1. Triângulo; 2. Paranaíba; 3. Paracatú; 4. Sul; 5. Campo das Vertentes; 6. Mata; 7. Metalúrgica; 8. São Francisco; 9. Rio Doce; 10. Mucuri; 11. Alto Jequitinhonha; 12. Médio Jequitinhonha; 13. Itacambira; 14. Montes Claros; 15. Alto médio São Francisco.

co inferior a 13 mm, temperatura média do mês mais quente 21,6°C e a do mês mais frio 15,8°C, sendo a temperatura média anual de 19,3°C e a precipitação total anual de 1493 mm. O balanço hídrico revela uma deficiência de água de 73 mm durante o ano, conforme se observa através da Figura 2 e dados do Quadro 1, tirados de VILELA & RAMALHO (35).

A vegetação original é representada por cerradão (mata rala) com pequenos maciços remanescentes na área e circunvizinhanças. Atualmente, a maior parte é revestida por pastagem, culturas de café e milho, horticultura e experimentos de natureza diversa.

3.1.1.2. Descrição morfológica dos perfis

Perfil P₁

Drenagem	-	boa
Deflúvio	-	lento
Erosão	-	laminar ligeira
Relevo local	-	plano para ligeiramente plano
Declividade	-	2%
Formade declive	-	plano
Extensão do declive	-	muito longo

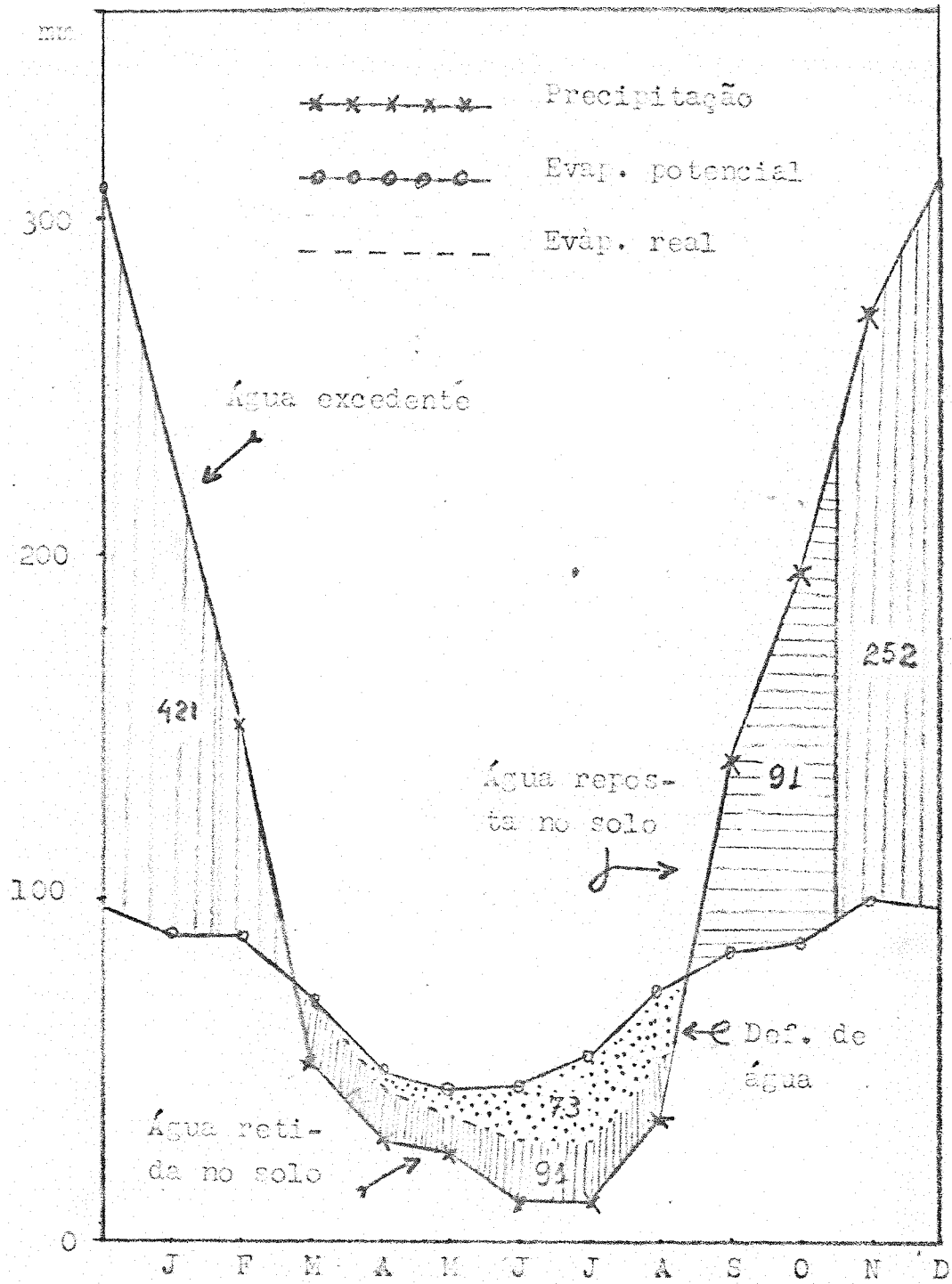


FIGURA 2 - Balanço hídrico do Município de Lavras segundo Thornth Waite e Matter 1955 extraído de VILELA & RAMALHO (35).

QUADRO 1 - Balanço hídrico segundo THORNTHWAITE (1955) - Local: Lavras-MG
 Latitude 21°14'06" Longitude 45°00' Gr. Altitude 918 m
 Fonte e Período: Estação Principal de Lavras (Posto Meteorológico nº 83687)
 Precipitação e Temperatura: 1960 - 1974.
 Capacidade de Campo: 125 mm

Meses	Temp. °C	Nomogr.	Cor	EP mm	P mm	E -EP mm	Neg. acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Jan	21,3	87	1,14	99	315	216	0	125	0	99	0	216
Fev	21,6	90	1,00	90	232	142	0	125	0	90	0	142
Mar	21,2	86	1,05	90	153	63	0	125	0	90	0	63
Abr	19,6	74	0,97	72	56	-16	-16	109	-16	72	0	0
Mai	17,0	55	0,95	52	31	-19	-35	94	-15	46	6	0
Jun	15,9	48	0,90	43	27	-16	-51	82	-12	39	5	0
Jul	15,8	48	0,94	45	13	-32	-83	63	-19	32	13	0
Ago	17,6	57	0,99	56	15	-41	-124	48	-15	30	26	0
Set	19,8	75	1,00	75	38	-37	-161	34	-14	52	23	0
Out	19,9	76	1,09	83	141	-58	-37	92	58	83	0	0
Nov	20,6	80	1,10	88	196	108	0	125	33	88	0	75
Dez	21,2	86	1,16	100	276	176	0	125	0	100	0	176
ANO	19,3			893	1493						73	672

- A₁ 0 - 22 cm; vermelho ferrugem (2,5 YR 3/2, 3/4 úmido, amassado); argila; granular, pequena, muito grande, moderada; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes fasciculadas, muito finas, finas, médias, abundantes; macroporos e atividade biológica abundante; transição gradual, irregular.
- A₃ 22 - 56 cm; avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; granular, pequena, grande, moderada; ligeiramente duro, friável, plástico, ligeiramente pegajoso; raízes fasciculadas, finas, médias, comuns; macroporos e atividade biológica abundante; transição difusa, plana.
- B₁ 56 - 95 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/4, 3/3 úmido); argila; blocos angulares e subangulares, pequenos e médios, moderado; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes fasciculadas, finas, comuns; transição difusa, plana.
- B₂₁ 95 - 155 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/3, 3/4 úmido); argila; blocos angulares, muito pequeno, médio, fraco; macio, muito friável, plástico, pegajoso; raízes fasciculadas, médias, pouco; transição difusa, plana.

B₂₂ 155 - 200 cm; vermelho escuro (10 R 3/6, 3/4 úmido); argila ; blocos angulares e subangulares, muito pequenos, fraco; macio, friável, plástico, pegajoso; raízes finas e raras.

T₁ 200 - 270 cm

T₂ 270 - 310 cm +

Perfil P₂

Drenagem - boa
Deflúvio - muito lento
Erosão - laminar ligeira
Relevo local - plano para ligeiramente plano
Declividade - 0-2%
Forma de declive - plana
Extensão do declive - muito longo

A₁₁ 0 - 16 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido, amassado); argila; granular, pequena, muito grande, moderada; ligeiramente duro, friável, plástico, ligeiramente pegajoso; raízes fasciculadas, finas, médias, abundantes; macroporos abundantes; atividade biológica intensa; transição gradual, plana.

A₁₂ 16 - 34 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, 3/4 úmido); argila; granular, muito grande, média, moderado; ligeira -

mente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes fasciculadas, finas comuns; macroporos abundantes; atividade biológica intensa; transição difusa, plana.

- A₃ 34 - 70 cm; vermelho ferrugem (10 R 3/4, 3/3 úmido); argila; blocos angulares, médio, grande, fraco; ligeiramente duro, muito friável, plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, poucas; transição difusa.
- B₁ 70 - 106 cm; vermelho escuro (10 R 3/6, 3/4 úmido); argila; blocos subangulares e angulares, médios, grandes, fraco; macio, muito friável, muito plástico, pegajoso; raízes finas, poucas; transição difusa.
- B₂₁ 106 - 157 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, 3/4 úmido); argila; blocos subangulares, médio, grande, fraco; macio, muito friável, muito plástico, pegajoso; raízes muito finas, raras; transição difusa.
- B₂₂ 157 - 218 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4 úmido); argila; blocos angulares e subangulares, pequeno, grande, fraco; macio, muito friável, pegajoso; raízes muito finas, raras.
- T₁ 218 - 283 cm
- T₂ 283 - 318 cm +

A temperatura média do solo, a uma profundidade de 50 cm, de acordo com Smith e Newhall, citados por OLIVEIRA (28), poderá ser obtida subtraindo-se 1°C à temperatura atmosférica.

3.1.2. Peneiras

Para a separação da fração areia, de cada uma das subamostras de solo em areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina, foram utilizadas peneiras com malhas de 1 000, 500, 250 100 e 50 micros, respectivamente.

3.1.3. Instrumentos óticos

Os minerais pesados da fração areia muito fina foram identificados em um microscópio petrográfico Leitz, modelo Dialux-Poll.

3.1.4. Equipamento de difração dos raios X

As análises difratométricas foram realizadas em um aparelho Norelco, fabricação Phillips Electronic Instruments, New York U.S.A. A fonte de radiação utilizada foi um tubo de cobre com filtro de níquel; a velocidade de varredura foi de $2^{\circ}2 \theta$ por minuto e a velocidade do papel 11 mm/min.; a unidade de força trabalhou com 35 kv e 20 mA. O contador Geiger operou com voltagem de 1500 V.

3.1.5. Reativos principais

- a) . Solução tampão de acetato de sódio, 1N, pH 5,0;
- b) . Peróxido de hidrogênio a 30%;
- c) . Solução de citrato de sódio 0,3M;
- d) . Bicarbonato de sódio 1M;
- e) . Ditionito de sódio
- f) . Solução de carbonato de sódio a 2%;
- g) . Solução de carbonato de sódio, pH 9,5.

3.2. Método

3.2.1. Remoção de sais solúveis e cátions divalentes trocáveis

Seguiram-se as recomendações de JACKSON (16). Colocaram-se em copos de forma alta, com capacidade para 600 ml, 10 g de T.F.S.A de cada uma das amostras de solo, às quais adicionaram-se, aproximadamente, 100 ml da solução tampão de acetato de sódio. Aqueceu-se durante 30 minutos em banho-maria, agitando-se de quando em quando. O sobrenadante foi sifonado e a amostra lavada com nova porção da solução de NaOAc.

3.2.2. Eliminação da matéria orgânica

Ainda segundo as recomendações de JACKSON (16), a amostra de solo, apresentando agora reação ácida, juntaram-se 5 ml de H_2O_2 a 30%. Após a diminuição desta reação de oxidação, levou-se a amostra ao banho-maria. Neste, o calor novamente intensificava a reação, e mais 5 ml de H_2O_2 a 30% eram adicionados, quando a mesma se abrandava. Durante o tratamento, os copos com as amostras, foram conservados tampados com vidros de relógio. Novas porções de H_2O_2 a 30% foram adicionadas, quando necessárias. Encerrando esta etapa, as amostras foram deixadas evaporar até uma pasta rala e lavadas duas vezes com a solução de NaOAc.

3.2.3. Remoção dos óxidos de ferro livres

O método utilizado foi o do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, descrito por Aguilera e Jackson em 1953, e citado por MENDES (23). Adicionaram-se às amostras, 40 ml da solução de citrato de sódio 0,3 M e 5 ml da de bicarbonato de sódio 1 M, aquecendo-se, a seguir, em banho-maria. Finalmente, adicionou-se aproximadamente 1g de ditionito de sódio em pó, após o que as amostras foram deixadas reagir por 15 minutos, sendo, de quando em vez, agitadas. A temperatura foi mantida abaixo de 80°C, seguindo as recomendações dos autores, visto que acima dela pode ocorrer a precipitação de sulfeto. O sobrenadante foi sifonado e as amostras lavadas com solução de NaCl a 5%.

3.2.4. Complementação da dispersão

As amostras nos copos foram saturadas com sódio por tratamento, segundo JACKSON (16), com 200 ml de solução de carbonato de sódio a 2%, agitadas e aquecidas em banho-maria por 30 minutos, após o que o sobrenadante foi decantado. Adicionaram-se 500 ml de água destilada e agitou-se, quando então as amostras entraram em dispersão. Quando não, o sobrenadante foi sifonado, repetindo-se o tratamento com água destilada e agitação.

3.2.5. Separação da areia do silte e argila

A fração areia total foi separada das frações silte e argila através de uma peneira de 50 micros de malha. As partículas retidas na peneira foram lavadas com jatos de acetona, deixadas secar, e a peneira agitada para deixar passar as partículas menores que 50 micros que haviam sido retidas.

A fração areia total retida na peneira foi transferida para um papel acetinado e em seguida para um frasco tarado, levada à estufa e deixada secar a uma temperatura de 105-110°C, até peso constante.

3.2.6. Fracionamento da areia total

A fração areia total foi separada por peneiramento em 5 classes de tamanho, segundo as recomendações de JEFFRIES (17): areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina.

3.2.7. Separação das frações leve e pesada

As frações leve e pesada foram separadas em funis usando-se como líquido pesado o tetrabromoetano, KRUMBEIN & PETTIJOHN (20), de densidade 2,9. Após a separação, o tetrabromoetano aderente à superfície dos grãos foi removido por lavagem com acetona.

3.2.8. Separação dos minerais magnéticos

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

3.2.9. Montagem das lâminas para microscopia

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

3.2.10. Arredondamento

Adotou-se a técnica de comparação visual prescrita por KRUMBEIN (19), em 1941.

3.3. Análise qualitativa da fração argila

3.3.1. Preparo e montagem das amostras

Porções de aproximadamente 25 mg de argila foram transferidas para tubos de centrífuga, onde se processaram as saturações com potássio e magnésio com glicerol, utilizando-se solução normal de KCl e de $MgCl_2$, respectivamente, seguindo-se as recomendações de Jackson, citado por MENDES (24).

Após a saturação, procedeu-se a eliminação do excesso de cloreto, por lavagens com: metanol a 50%, metanol a 95% e acetona a 95%.

A ausência ou presença de cloreto foi testada com solução de $AgNO_3$ 0,1 N. As amostras que apresentaram cloretos foram submetidas a uma lavagem complementar com metanol a 100%.

Após a eliminação do excesso de cloretos, iniciou-se o preparo das lâminas para serem submetidas à difração dos raios X. Suspensões de 2 ml foram retiradas e transferidas para lâminas de

vidro de microscopia, dispostas sobre uma superfície nivelada e deixadas a secar, obtendo-se as amostras orientadas, MENDES (24).

As lâminas preparadas com argila saturada com potássio, foram secas em ambiente natural, levadas ao aparelho de raios X e irradiadas no intervalo de 2° a $28^{\circ} 2 \theta$. Posteriormente, estas mesmas lâminas sofreram aquecimentos a 350° e 550°C , e irradiadas no mesmo intervalo.

As lâminas preparadas com argila saturada com magnésio acrescentou-se uma gota de glicerol, para depois serem irradiadas no mesmo intervalo que as anteriores.

3.3.2. Reconhecimento dos minerais

Os difratogramas obtidos foram interpretados mediante a determinação dos ângulos 2θ , referentes aos picos dos minerais, e correlacionados aos respectivos espaçamentos em ângstrons e na capacidade de serem ou não alterados com os diversos tratamentos, BRINDLEY (6).

3.4. Análises químicas dos solos

As análises químicas dos solos foram executadas de acordo com a metodologia apresentada por VETTORI (34). As seguintes determinações foram feitas:

- pH - foi determinado potenciometricamente em uma suspensão de água/solo e cloreto de potássio/solo numa proporção de 1:2,5 após um tempo de repouso de uma hora;
- Ca^{++} , Mg^{++} e Al^{+++} - foram extraídos com solução 1N de KCl. Em uma alíquota determinou-se o Al^{+++} através de titulação da acidez. O Ca^{++} mais Mg^{++} foram determinados em outra alíquota, pelo método do EDTA;
- H^+ - o teor de hidrogênio foi determinado por intermédio da acidez titulável utilizando-se, como extrator, acetato de cálcio 1N de pH 7,0 e titulando-se com hidróxido de sódio 0,1N;
- K^+ e Na^+ trocáveis - os teores destes cátions foram obtidos utilizando-se como extrator o ácido clorídrico e determinando-se sua concentração por fotometria de chama;
- S (soma de bases) - obteve-se através da soma de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+ ;
- CTC (capacidade de troca de cátions) - foi obtida através da soma de bases mais o valor da acidez titulável;
- V% (índice de saturação de bases) - foi calculado a partir da soma de bases e da capacidade de troca de cátions, através da seguinte fórmula:

$$V\% = \frac{S}{\text{CTC}} \cdot 100$$

Carbono orgânico - foi determinado através da metodologia preconizada por Tiurin, a qual consiste na oxidação da matéria orgânica com bicromato de potássio 0,4N;

Nitrogênio total - sua determinação foi feita através da digestão com ácido sulfúrico utilizando-se sulfato de cobre como catalisador. Após a transformação do nitrogênio em sal amoniacal, este foi decomposto pelo hidróxido de sódio e o amoníaco, sendo recolhido em solução de ácido bórico 0,4% e titulado com ácido clorídrico 0,01 N;

Ataque Sulfúrico - consistiu no ataque do solo com H_2SO_4 (densidade 1,47) por uma hora. O extrato foi diluído, filtrado e as seguintes determinações efetuadas:

SiO_2 - o resíduo obtido através do ataque sulfúrico, foi fervido durante meia hora com carbonato de sódio a 5%; em uma alíquota desta solução, determinou-se a sílica, colorimetricamente;

Al_2O_3 - em uma alíquota do extrato, adicionou-se um excesso de hidróxido de sódio a 30% a fim de se separarem os metais pesados e, após filtragem e neutralização com ácido clorídrico, determinou-se o alumínio, colorimetricamente, através do EDTA;

- Fe_2O_3 - tomou-se uma alíquota do extrato e determinou-se o ferro pelo bicromato, utilizando-se difenilamina como indicador e cloreto estanhoso como redutor;
- TiO_2 - o titânio foi determinado pelo método colorimétrico em água oxigenada, após eliminação da matéria orgânica com permanganato de potássio;
- P_2O_5 - foi determinado no extrato obtido colorimetricamente, utilizando-se ácido ascórbico como redutor em presença de sal de bismuto; as relações K_i e K_r foram calculadas através das determinações de SiO_2 e os Al_2O_3 e Fe_2O_3 a partir do ataque sulfúrico, sob a forma molecular.

3.5. Análise físicas dos solos

As densidades aparente e real foram determinadas segundo as recomendações de BLAKE (5).

A análise mecânica foi efetuada utilizando-se o método da pipeta, KILMER e ALEXANDER (18), utilizando-se o hexametáfosfato de sódio (calgon) a 5% como dispersante; pelo mesmo método determinou-se a argila dispersa em água (argila natural). As classes texturais foram obtidas de acordo com as recomendações do SOIL SURVEY MANUAL (31).

O equivalente de umidade foi determinado de acordo com Briggs e Maclane e a água retida a 15 atmosfera através da placa de Richards ou câmara de pressão, VETTORI (34).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

Para facilidade de exposição e discussão dos resultados, os mesmos serão apresentados separadamente. Assim, será abordado inicialmente o perfil P_1 e, após, o P_2 .

4.1.1. Perfil P_1

Os resultados da análise mecânica encontram-se no Quadro 2. Nele pode-se observar que a fração areia ocorre com teores mais ou menos uniformes ao longo do perfil, apresentando um máximo de 14,15% (A_3) e um mínimo de 11,18% (B_{22}), enquanto que a fração silte um mínimo de 2,01% (T_1) e um máximo de 3,80% (T_2), e a fração argila um valor máximo de 86,03% (B_{22}) e um mínimo de 83,18% (A_3).

Este perfil apresenta no complexo coloidal maiores valores para a acidez titulável, $H^+ + Al^{+++}$ (Quadro 3), os quais decrescem do horizonte A_1 (8,5 e.mg/100g de solo) para o B_{21} e infe-

QUADRO 2 - Distribuição dos separados do solo e classes texturais do perfil P₁.

Horizonte	Resultados em Porcentagem											Massa Específica			Classe Textural
	A R E I A S (mm)											Umidade (atm)	Aparente	Real	
	2-1 MG	1-0,5 G	0,5-0,25 M	0,25-0,10 F	0,10-0,05 MG	Total	Silte 0,25-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	Argila Na tural	1/3	15				
												1,60	4,14	2,40	
A ₁	1,05	2,39	5,23	3,39	2,09	14,15	2,68	83,12	70,00	28,80	24,05	1,25	2,66	a	
B ₁	0,82	2,37	1,94	4,74	2,66	12,83	3,09	84,08	14,80	28,89	23,82	1,23	2,73	a	
B ₂₁	1,05	1,72	1,46	3,55	3,40	11,18	2,79	86,03	0,00	29,28	24,77	1,25	2,70	a	
T ₁	1,21	2,48	1,86	3,83	2,44	11,82	3,80	84,38	4,70	29,55	24,98	1,31	2,70	a	

MG = Muito Grossa; G = Grossa; M = Média; F = Fina; MF = Muito Fina; a = argila

QUADRO 3 - Resultados da Análise Química do Perfil P₁.

Horizontes	pH		e.mg/100g							V%		%	
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	"S"	T	C	N		
A ₁	3,9	4,0	0,3	0,040	0,050	8,5	1,5	0,39	10,39	3,75	2,46	0,20	
A ₃	4,3	4,4	0,3	0,016	0,012	5,2	0,4	0,31	5,91	5,24	1,31	0,09	
B ₁	4,5	4,3	0,2	0,016	0,007	3,9	0,2	0,25	4,35	5,74	1,31	0,06	
B ₂₁	4,9	4,4	0,3	0,016	0,007	3,1	0,1	0,26	3,46	7,51	1,26	0,05	
B ₂₂	5,2	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,86	0,04	
T ₁	5,0	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,70	0,04	
T ₂	5,1	4,4	0,2	0,016	0,005	3,1	0,1	0,23	3,43	6,70	0,68	0,03	

riores (3,1 e.mg/100g de solo). Em segundo lugar encontra-se o alumínio, cujos teores apresentam a mesma tendência que o hidrogênio, máximo no horizonte A_1 (1,5 e.mg/100g de solo) e mínimo no B_{21} e inferiores (0,1 e.mg/100g de solo). Os demais cátions constituintes do complexo coloidal apresentam-se com teores muito baixos, segundo os níveis críticos adotados pelo PIPAEMG (25). Os teores de cálcio mais magnésio são inferiores a 0,3 e.mg/100g de solo, os de potássio menores que 0,05 e.mg/100g de solo e os de sódio menores que 0,04 e.mg/100g de solo. O pH em água variou de 3,9 (A_1) e 5,2 (B_{22}), e em cloreto de potássio, de 4,0 a 4,4, correspondendo aos horizontes A_1 e B_{21} ou mais profundos, respectivamente. Os teores de carbono decrescem em profundidade, sendo os valores extremos 2,46% (A_1) a 0,68% (T_2). Da mesma forma comporta-se o nitrogênio, máximo 0,20% (A_1) e mínimo 0,03% (T_2).

A capacidade de troca de cátions é inferior a 10,39 e.mg/100g de solo, decrescendo-se em profundidade. A porcentagem de saturação em bases varia de 3,75% (A_1) a 7,51% (B_{21}).

Através dos resultados obtidos com ataque sulfúrico, Quadro 4, observa-se que, os teores de sílica variam de 24,34% (A_1) a 17,80% (B_{22}). Os teores de alumina sofrem pequenas variações: aumentando-se a profundidade, temos 26,26% (A_1) e 30,18% (T_1). Os óxidos de ferro, são praticamente constantes, variando de 22,15% (A_1) a 24,65% (T_1). De maneira semelhante comportam-se os teores

QUADRO 4 - Resultados do ataque sulfúrico (d= 1,47). Perfil P₁.

Horizontes	%					Ki	Kr
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅		
A ₁	24,34	26,26	22,15	0,94	0,105	1,57	1,02
A ₃	18,22	28,30	24,55	0,85	0,093	1,09	0,70
B ₁	22,68	28,56	23,95	0,80	0,099	1,35	0,88
B ₂₁	22,26	29,07	23,55	0,84	0,105	1,30	0,85
B ₂₂	17,80	29,58	24,15	0,83	0,099	1,02	0,67
T ₁	19,30	30,18	24,65	0,85	0,095	1,08	0,71
T ₂	20,10	30,10	23,95	0,82	0,099	1,14	0,74

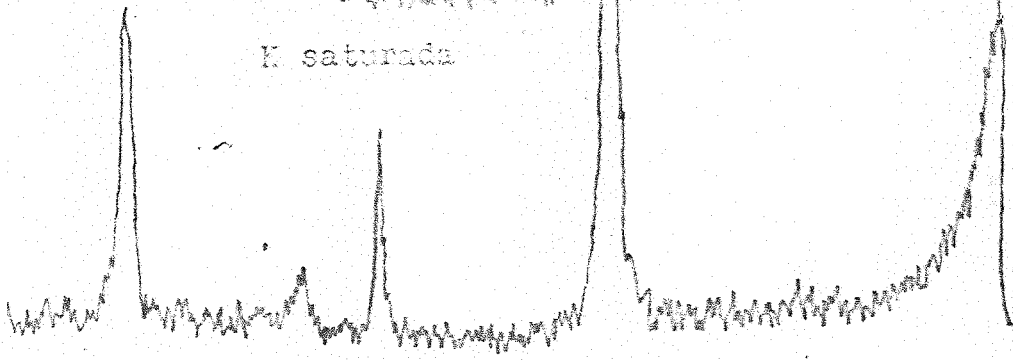
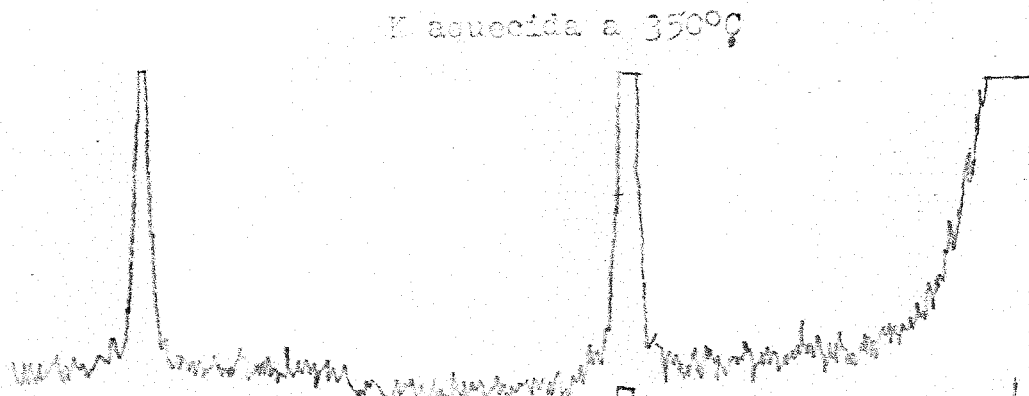
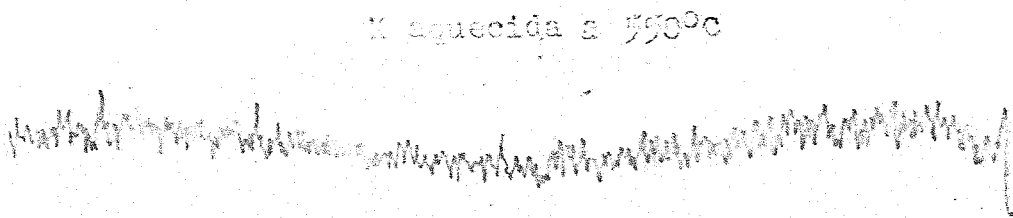
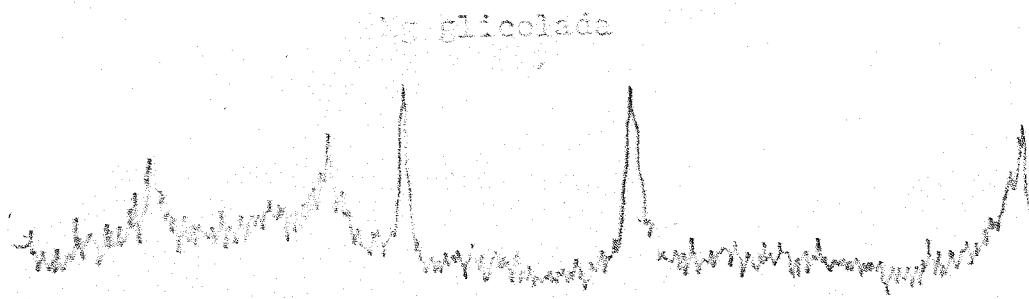
de óxidos de titânio e de fósforo, apresentando valores inferiores a 0,94% e 0,105%, respectivamente.

A composição mineralógica da fração argila foi determinada através das medidas dos espaçamentos de difração d/n e comparação com os espaçamentos padrões, tabelados para os minerais de argila. As Figuras 3 a 6 são reproduções dos registros gráficos obtidos.

Foram identificados os minerais caolinita e gibbsita. Um pico a $4,85 \text{ \AA}$ e a eliminação do mesmo por aquecimento a 350°C , confirmam a ocorrência da gibbsita. Os picos a $7,2 \text{ \AA}$ e $3,5 \text{ \AA}$, que se conservam inalterados por tratamento de solvatação com etileno-glicol e que são eliminados por aquecimento a $500-550^{\circ}\text{C}$, confirmam a ocorrência da caolinita.

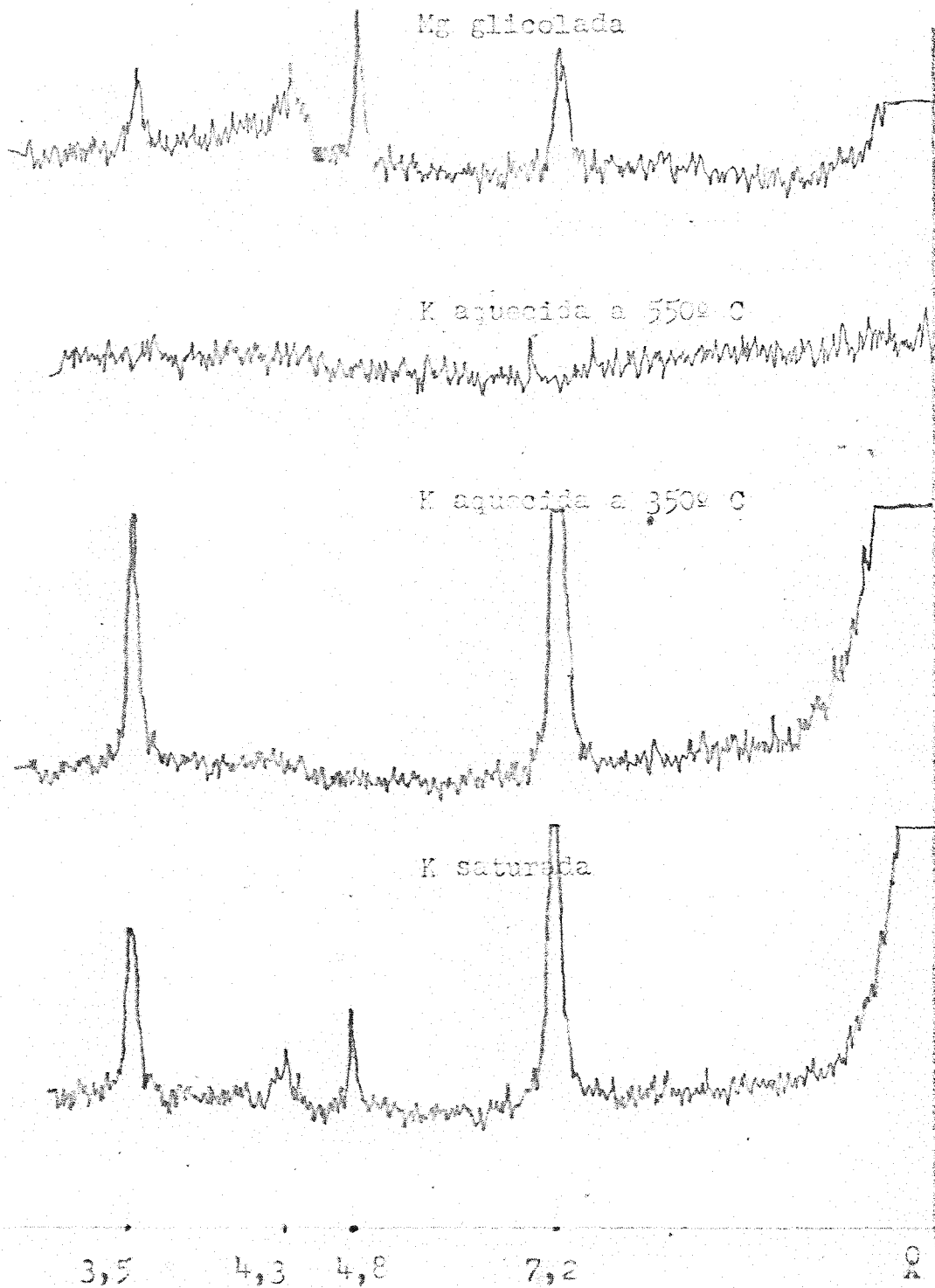
A ausência de um pico a $7,2 \text{ \AA}$ após o aquecimento a $500-550^{\circ}\text{C}$, elimina a possibilidade de ocorrência de clorita.

No exame microscópico da fração leve da areia muito fina, verificou-se a ocorrência de quartzo em todos os horizontes. Entre os minerais pesados verificou-se um domínio total dos opacos. A zirconita e o rutilo ocorrem como únicos minerais transparentes constituintes da fração pesada, embora suas presenças não sejam comuns ao longo do perfil.

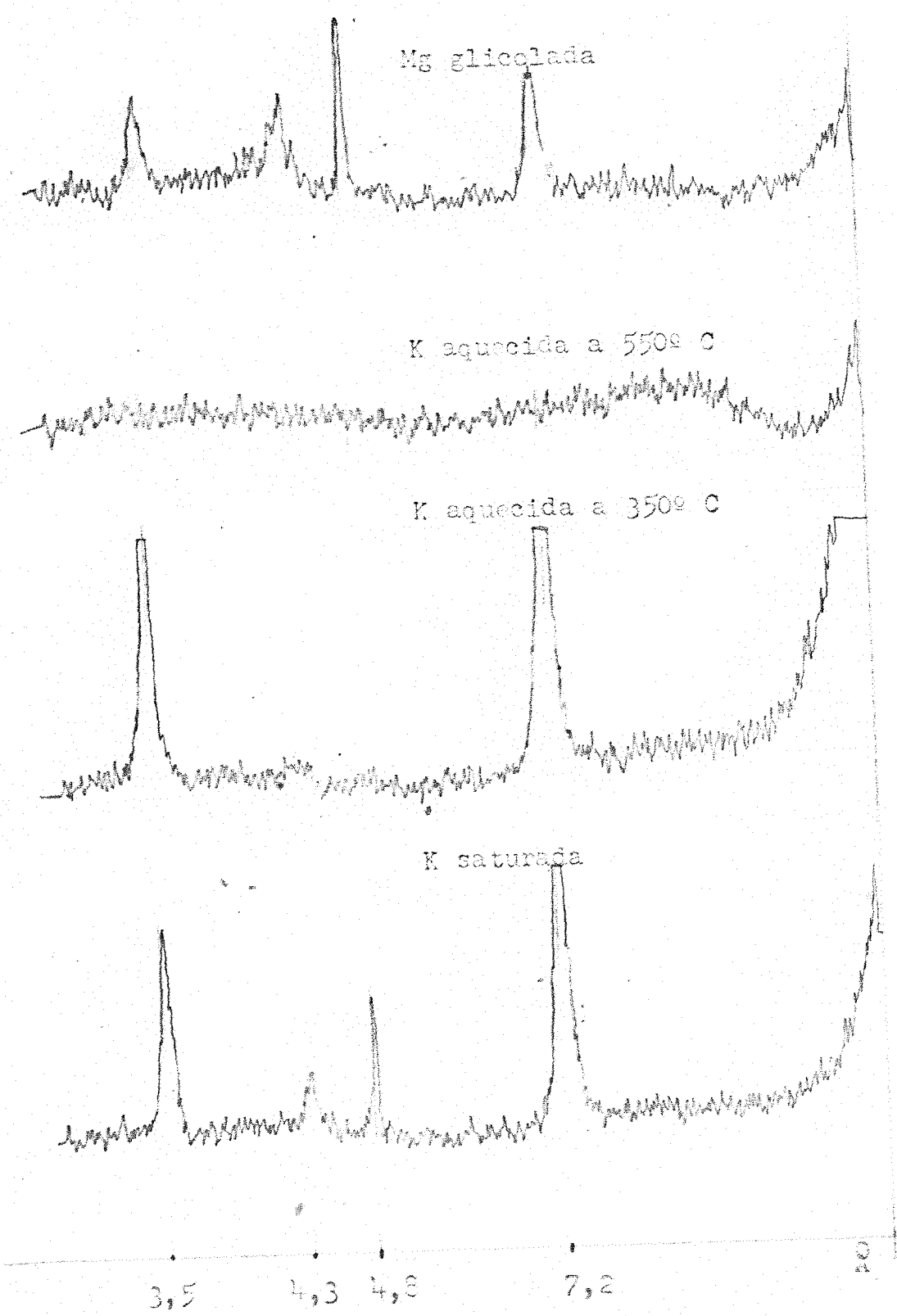


3,5 4,3 4,8 7,2 9

FIGURA 3 - Difratoograma da fração argila, horizonte A₃, perfil F₁



4 - Difractogramas da fração argila, horizonte E₁, perfil F₁.



URA 5 - Difratogramas da fração argila, horizonte C₁, perfil E₁.

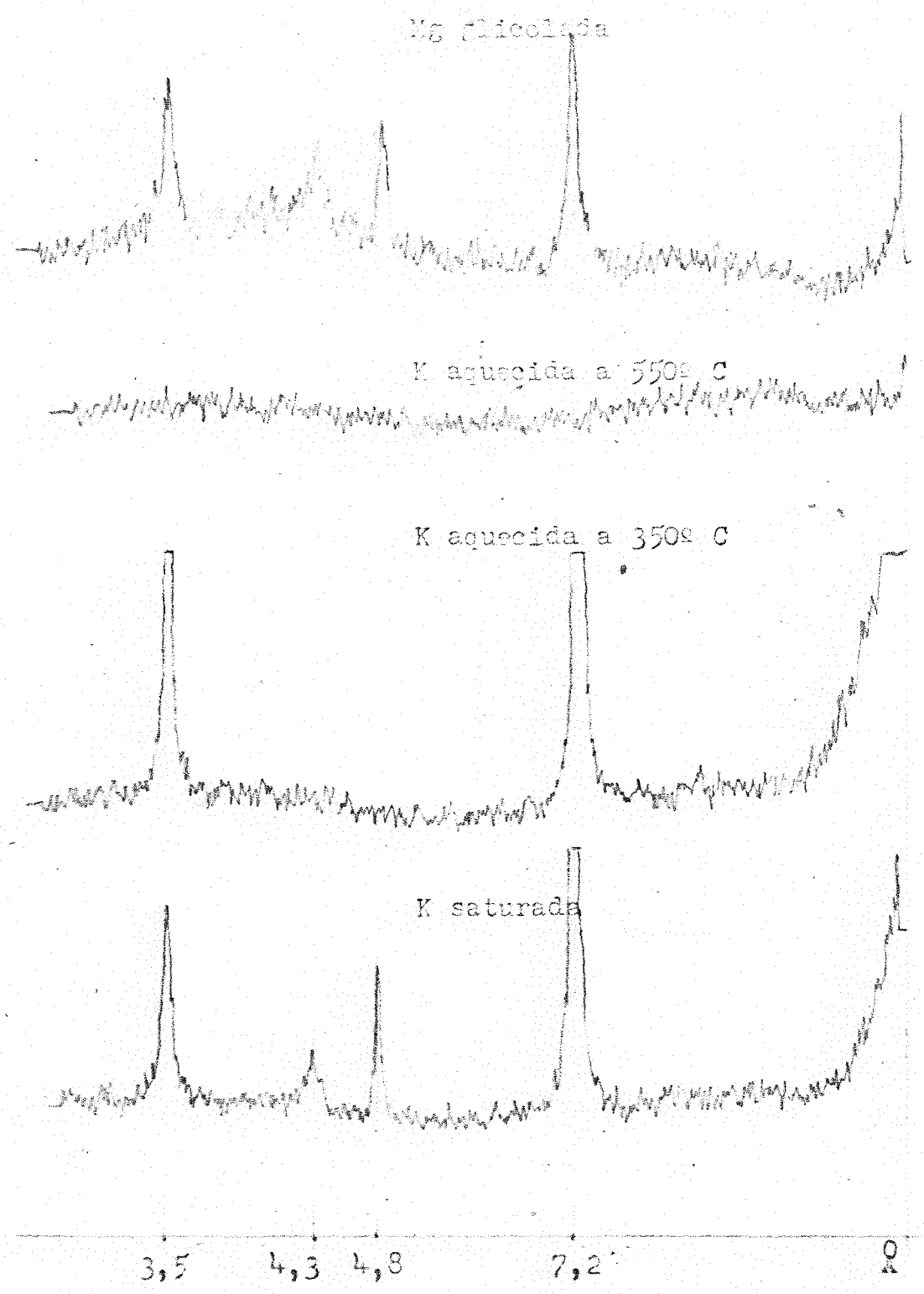


FIGURA 6 - Difratoogramas da fração argila, camada T₁
(Trado), perfil P₁.

As porcentagens dos minerais leves e pesados, na fração areia muito fina encontram-se no Quadro 5.

As frequências dos minerais pesados identificados na fração areia muito fina estão apresentadas como dominante ou rara no Quadro 6.

Os contornos dos grãos de quartzo, na fração areia muito fina, foram comparadas com aqueles publicados por KRUMBEIN (19). Os valores encontrados acham-se nos Quadros 7 e 8. Podem ser enquadrados como subangulares, segundo o citado autor.

4.1.2. Perfil P₂

Os resultados da análise mecânica encontram-se no Quadro 9. Nele pode-se observar que a fração areia ocorre com teores mais ou menos constantes ao longo do perfil, apresentando como valores extremos 12,57% (T₁) e 8,25% (T₂) a fração silte apresenta maiores variações: desde 7,49% (T₂) a 1,73% (A₁₂). A fração argila apresenta-se com valores altos ao longo do perfil, sendo os limites 87,20% (B₁) e 80,18% (T₂).

Com relação às análises químicas, Quadro 10, observa-se que o complexo coloidal apresenta maiores valores para a acidez titulável, H⁺ + Al⁺⁺⁺, os quais decrescem do horizonte A₁₁ (8,4 e.mg/100g de solo) para o B₂₁ (2,8 e.mg/100g de solo). Em segun-

QUADRO 5 - Percentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina no perfil P₁.

Fração %	H O R I Z O N T E S							
	A ₁	A ₃	B ₁	B ₂₁	B ₂₂	T ₁	T ₂	
Leve	91,28	96,70	96,50	95,42	95,22	95,06	94,96	
Pesada	8,72	3,30	3,50	4,58	4,78	4,94	5,04	

QUADRO 6 - Minerais identificados na fração areia muito fina do perfil P₁.

Minerais	H O R I Z O N T E S							
	A ₁	A ₃	B ₁	B ₂₁	B ₂₂	T ₁	T ₂	
Opacos	++	++	++	++	++	++	++	
Rutilo				+			+	
Zircônia	+			+	+		+	

++ = dominante; + = rara.

QUADRO 7 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₁. Frequências observadas.

Horizontes	Grau de arredondamento								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
A ₁	21	-	16	-	5	-	5	-	-
A ₃	19	-	20	-	5	-	2	-	4
B ₁	22	-	19	-	-	-	3	-	6
B ₂₁	16	-	30	-	4	-	-	-	-
B ₂₂	21	-	21	-	8	-	-	-	-
T ₁	32	-	4	-	14	-	-	-	-
T ₂	20	-	25	-	5	-	-	-	-

QUADRO 8 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₁.

Horizontes	Média do horizonte
A ₁	0,26
A ₃	0,31
B ₁	0,31
B ₂₁	0,28
B ₂₂	0,25
T ₁	0,23
T ₂	0,24
Média do perfil	0,27

QUADRO 9 - Distribuição dos separados do solo e classes texturais do Perfil P₂.

Horizonte	Resultados em Porcentagem											Massa Específica g/cm ³		Classe Textural
	A R E I A S (mm)						Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,002 mm	Argi- la Na- tural	Umidade (atm)		Apa- rente	Real	
	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,10	0,10- 0,05	Total				1/3	15			
	MG	G	M	F	MF									
A ₁₁	1,12	2,38	1,94	4,48	3,40	13,32	3,98	82,70	65,00	31,52	24,30	1,22	2,77	a
A ₁₂	0,97	1,94	1,69	3,79	3,07	11,48	1,73	86,80	70,30	30,35	24,09	1,24	2,73	a
A ₃	1,23	1,78	1,45	3,75	3,47	11,68	2,87	85,45	17,00	29,42	24,51	1,30	2,82	a
B ₁	1,20	1,67	1,35	3,50	2,24	9,96	2,85	87,20	0,00	29,30	24,55	1,28	2,94	a
B ₂₁	0,96	1,85	1,53	3,62	3,48	11,44	1,94	86,60	0,00	29,86	24,69	1,25	2,85	a
B ₂₂	1,58	2,24	1,67	3,71	3,15	12,35	5,85	81,80	0,00	29,13	24,39	1,29	2,73	a
T ₁	1,94	2,49	1,95	4,06	2,13	12,57	7,04	80,40	0,00	29,51	24,71	1,29	2,73	a
T ₂	1,15	2,25	1,89	0,45	2,51	8,25	7,49	80,18	3,00	29,48	24,70	1,29	2,73	a

MG = Muito Grossa; G = Grossa; M = Média; F = Fina; MF = Muito Fina; a = argila

QUADRO 10 - Resultados da Análise Química do Perfil P₂.

Horizontes	pH		e.mg/100g										%		
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	"S"	T	V	C	N			
A ₁₁	4,1	4,3	0,3	0,024	0,051	8,4	0,9	0,37	9,67	3,83	2,40	0,19			
A ₁₂	4,2	4,5	0,3	0,024	0,023	6,7	0,6	0,35	7,65	4,57	1,60	0,14			
A ₃	4,3	4,7	0,3	0,024	0,007	5,1	0,4	0,33	5,83	5,66	1,26	0,09			
B ₁	4,8	4,9	0,3	0,024	0,007	3,4	0,1	0,33	3,83	8,61	1,03	0,09			
B ₂₁	5,2	4,9	0,3	0,024	0,007	2,8	0,1	0,33	3,23	10,21	0,91	0,05			
B ₂₂	5,3	4,9	0,3	0,024	0,007	3,1	0,1	0,33	3,53	9,34	0,78	0,05			
T ₁	5,1	4,9	0,3	0,024	0,007	3,1	0,1	0,33	3,53	9,34	0,60	0,04			
T ₂	5,2	4,9	0,3	0,024	0,007	3,1	0,1	0,33	3,53	9,34	0,61	0,03			

do lugar encontra-se o alumínio, cujos teores apresentam a mesma tendência que os de hidrogênio: máximo no A_{11} (0,9 e.mg/100g de solo) e mínimo no B_1 e inferiores (0,1 e.mg/100g de solo). De acordo com os níveis críticos adotados pelo PIPAEMG (25), os demais constituintes do complexo coloidal ocorrem com teores muito baixos. Os teores de cálcio mais magnésio são de 0,3 e.mg/100g de solo, os de potássio menores que 0,051 e.mg/100g de solo e os de sódio menores que 0,04 e.mg/100g de solo. O pH em água varia de 4,1 (A_{11}) a 5,3 (B_{22}), e em cloreto de potássio, de 4,3 (A_{11}) a 4,9 (B_1 e inferiores), respectivamente. Os teores de carbono decrescem em profundidade, sendo os valores extremos 2,40% (A_{11}) e 0,60% (T_1). Da mesma forma comporta-se o nitrogênio, com um máximo de 0,19% (A_{11}) e mínimo de 0,03% (T_2). A capacidade de troca de cátions é inferior a 9,67 e.mg/100g de solo, decrescendo em profundidade, e a porcentagem de saturação em bases varia de 3,83% (A_{11}) a 10,21% (B_{21}).

Através dos resultados obtidos com ataque sulfúrico, Quadro 11, verifica-se que os teores de sílica variam de 23,24% (B_1) a 16,50% (B_{22}). Os teores de alumina aumentam até o horizonte B_{21} , 29,32%, em seguida decresce (B_{22}), aumentando novamente. Os valores máximo e mínimo são respectivamente, 29,32% (B_{21}) e 26,77% (B_{22}). Os óxidos de ferro variam de 22,75% (A_{12}) a 25,75% (T_1). Os teores de óxidos de tetânio e de fósforo são mais ou menos uniformes ao longo do perfil, apresentando valores inferiores a 1,01% e 0,105%, respectivamente.

QUADRO 11 - Resultados do ataque sulfúrico (d= 1,47). Perfil P₂.

Horizontes	%					Ki	Kr
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅		
A ₁₁	19,26	26,77	23,15	0,93	0,105	1,22	0,79
A ₁₂	19,48	27,79	22,75	0,87	0,097	1,19	0,78
A ₃	18,14	28,30	22,75	0,82	0,091	1,09	0,72
B ₁	23,24	29,32	23,95	0,85	0,095	1,34	0,88
B ₂₁	16,92	29,32	24,35	0,96	0,097	0,98	0,64
B ₂₂	16,50	26,77	24,15	1,01	0,093	0,53	0,34
T ₁	18,50	27,20	25,75	0,98	0,091	1,15	0,72
T ₂	20,10	27,80	24,00	0,95	0,093	1,23	0,79

A composição mineralógica da fração argila determinada segundo os mesmos critérios adotados para o perfil P₁, revelou a presença de caolinita e gibbsita. As Figuras 7 a 10 são reproduções dos registros gráficos obtidos.

No exame microscópico da fração leve da areia muito fina, verificou-se a ocorrência de quartzo em todos os horizontes. Entre os minerais pesados verificou-se um domínio total de minerais opacos. A biotita, zirconita e rutilo ocorrem como únicos minerais transparentes, constituintes da fração pesada, embora suas presenças não ocorram em todos os horizontes.

As porcentagens dos minerais leves e pesados na fração areia muito fina encontram-se no Quadro 12.

As frequências dos minerais pesados identificados na fração areia muito fina, estão apresentadas como dominante ou rara, no Quadro 13.

Os contornos dos grãos de quartzo na fração areia muito fina foram comparados com aqueles publicados por KRUMBEIN (19). Os valores encontrados acham-se nos Quadros 14 e 15. Podem ser enquadrados como subangulares, segundo o citado autor.

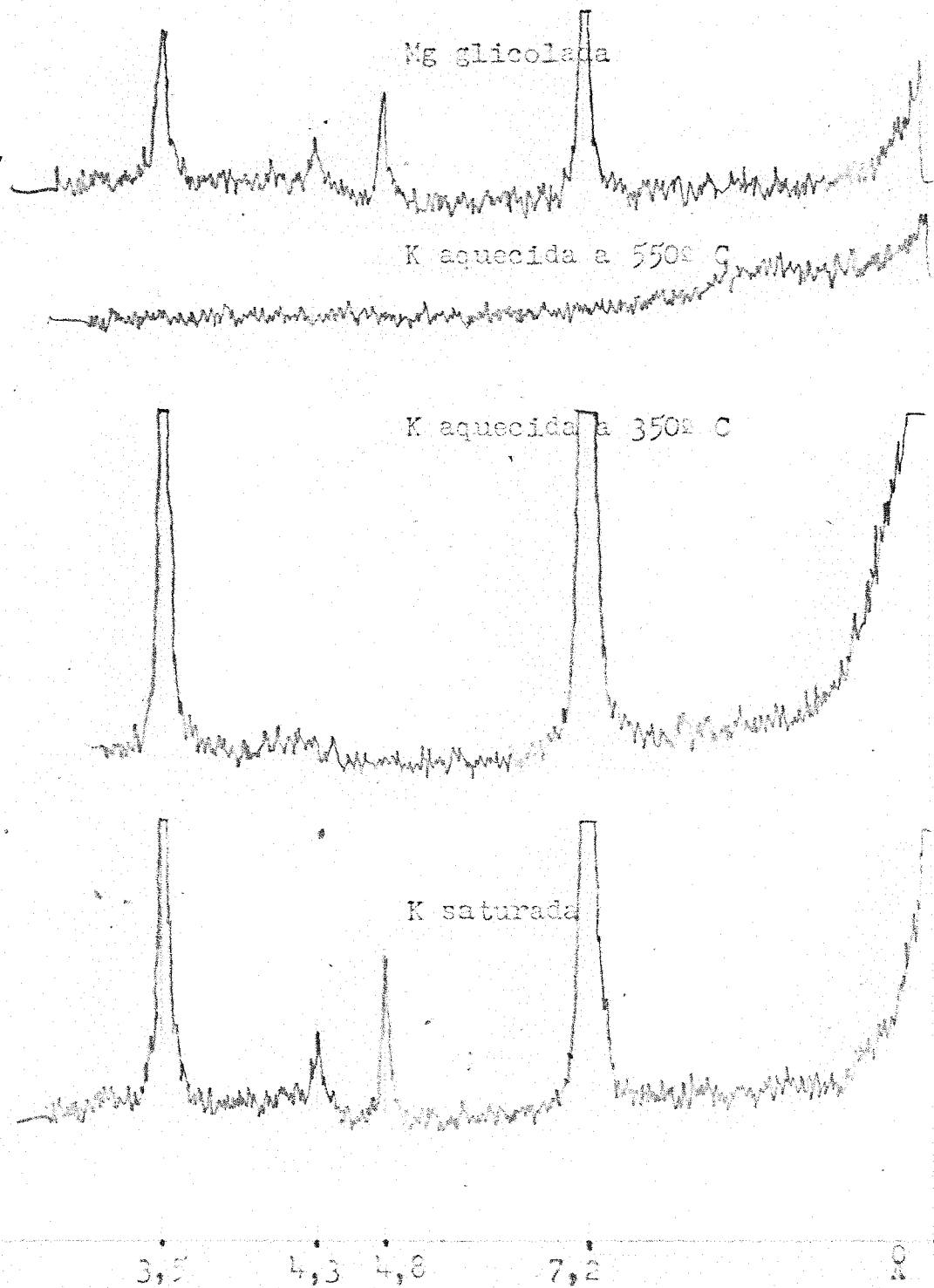


FIGURA 7 - Difratogramas da fração argila, horizonte A₃, perfil P₂.

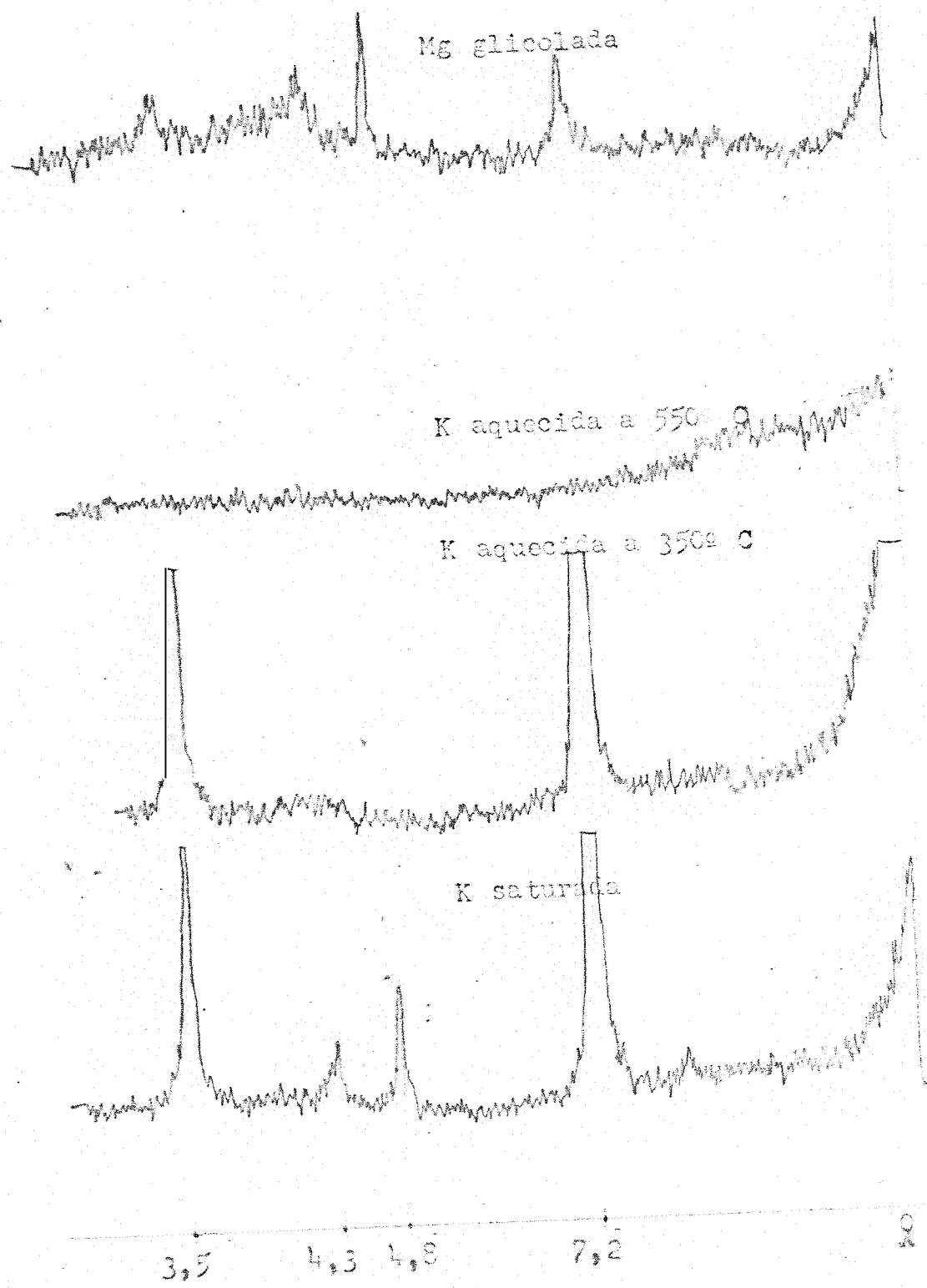


FIGURA 8 - Difractogramas da fração argila, horizonte E₁, perfil P₂.

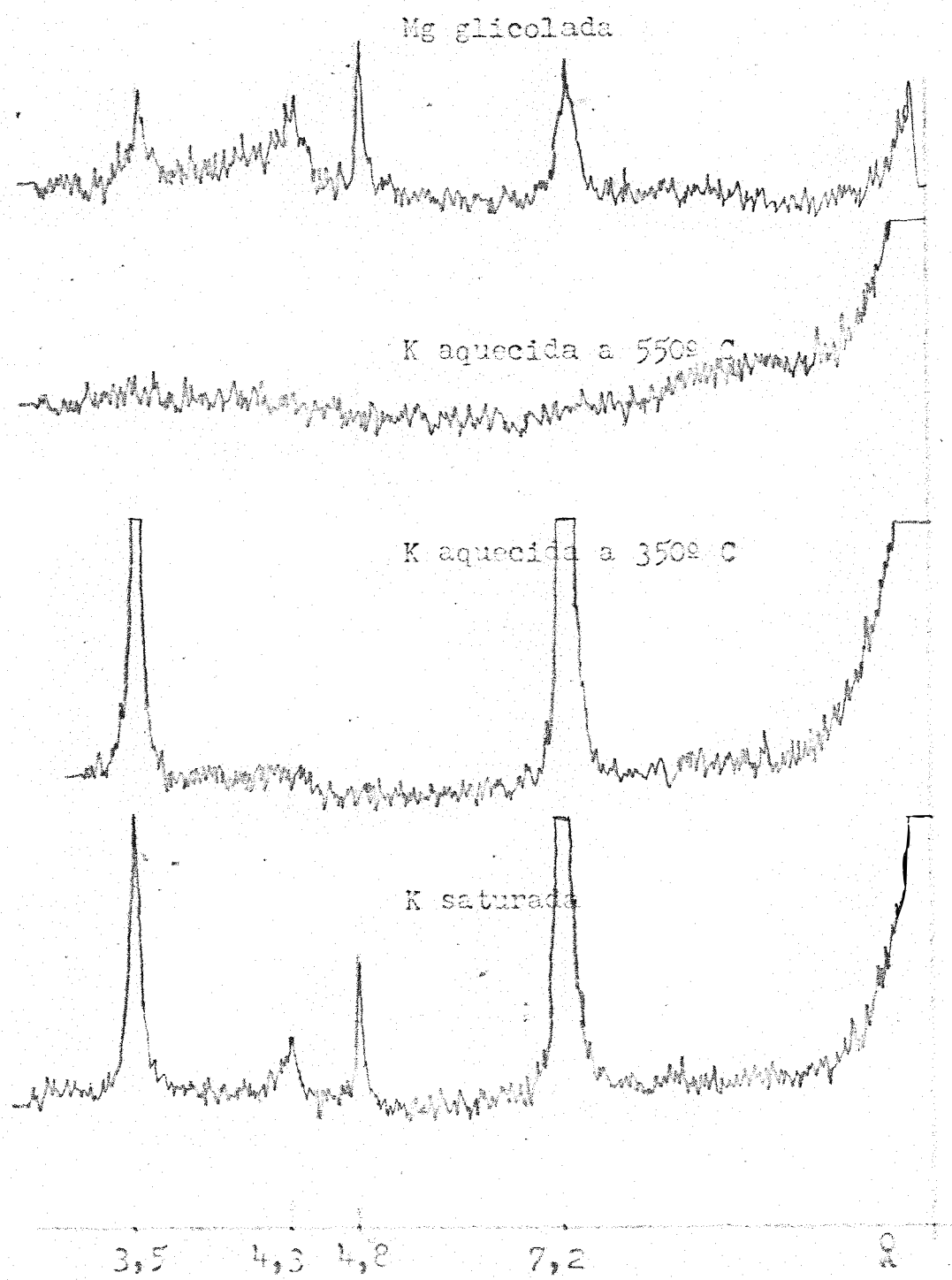


FIGURA 9 - Difratogramas da fração argila, horizonte B₂₂, perfil F₂.

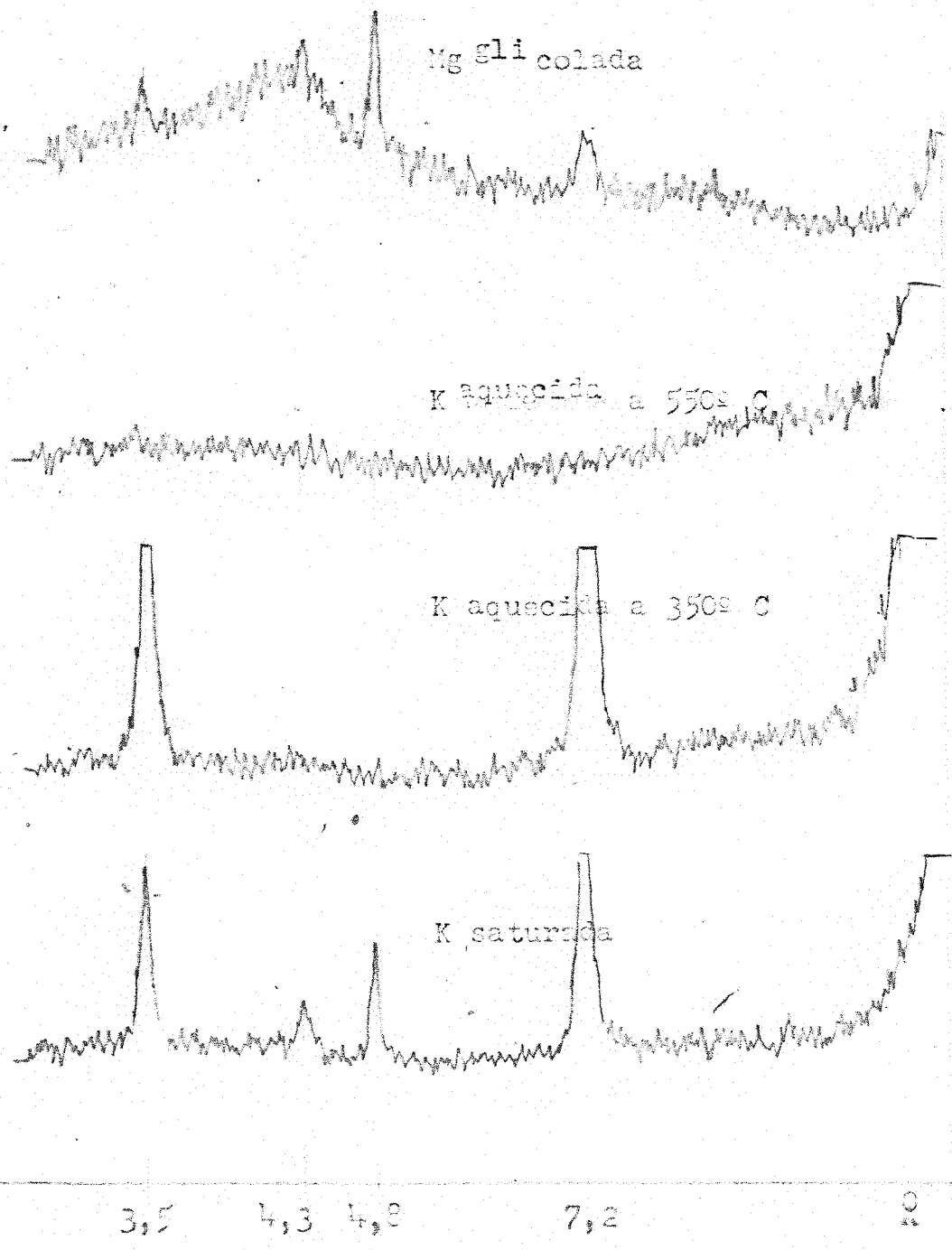


FIGURA 10 - Difrato^{gr}afia da freq^uência argila: camada T₂ (T₂), perfil T₂.

QUADRO 12 - Porcentagem de minerais leves e pesados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Fração %	H O R I Z O N T E S							
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₁₁	B ₂₁	B ₂₂	T ₁	T ₂
Leve	92,40	97,30	93,40	92,18	95,12	94,86	93,80	94,65
Pesada	7,60	2,70	6,60	7,82	4,88	5,14	6,20	5,35

QUADRO 13 - Minerais identificados na fração areia muito fina do perfil P₂.

Minerais	H O R I Z O N T E S							
	A ₁₁	A ₁₂	A ₃	B ₁₁	B ₂₁	B ₂₂	T ₁	T ₂
Opacos	++	++	++	++	++	++	++	++
Biotita	+							
Rutilo	+	+	+				+	+
Zircônia	+	+	+					

++ = dominante; + = rara.

QUADRO 14 - Arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina do perfil P₂. Frequências observadas.

Horizontes	Grau de arredondamento								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
A ₁₁	13	-	30	-	7	-	-	-	-
A ₁₂	14	-	21	-	5	-	-	-	-
A ₃	15	-	26	-	9	-	-	-	-
B ₁	9	-	35	-	6	-	-	-	-
B ₂₁	20	-	24	-	6	-	-	-	-
B ₂₂	25	-	20	-	5	-	-	-	-
T ₁	40	-	10	-	-	-	-	-	-
T ₂	18	-	32	-	-	-	-	-	-

QUADRO 15 - Médias ponderadas de arredondamento dos grãos de quartzo da fração areia muito fina, do perfil P₂.

Horizontes	Média do horizonte
A ₁₁	0,28
A ₁₂	0,20
A ₃	0,28
B ₁	0,29
B ₂₁	0,24
B ₂₂	0,22
T ₁	0,14
T ₂	0,23
Média do perfil	0,23

4.2. Discussão

Correlacionando-se os dados morfológicos, físicos e químicos dos perfis 1 e 2, com os da COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (12), estes solos enquadram-se na unidade de mapeamento latossolo roxo, constituída de solos profundos, de textura argila, bem drenados, de coloração arroxeada e derivados de rochas básicas.

As principais características morfológicas: (a) pequena variação de cor entre os horizontes A e B; (b) textura argila tanto no A como no B; (c) grande dificuldade de identificação dos subhorizontes; (d) presença abundante de poros; (e) grau de coesão muito fraco unindo os pequenos agregados no horizonte B, tanto no perfil 1 como no 2, enquadram-se perfeitamente dentro das citadas pela referida COMISSÃO.

Comparando-se ainda, com os resultados analíticos apresentados pela COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA (12), para o latossolo roxo no Estado de São Paulo, verifica-se que os valores obtidos estão dentro dos limites citados pela referida COMISSÃO. Assim, tem-se:

- a) . a relação textural B/A, tanto para o perfil P₁ como para o P₂ é 1,0, dentro dos limites 0,8 e 1,0 apontados;
- b) . as relações moleculares de Ki variaram de 0,53 a 1,57, dentro dos limites 0,26 - 1,67 citados;

- e) . as relações moleculares de Kr variaram de 0,34 a 0,88, exceto para o horizonte A_1 do perfil P_1 , dentro dos limites 0,15 - 0,92 apresentados;
- d) . a capacidade de troca de cátions nos subhorizontes A_1 e nos horizontes B de ambos os perfis, também se enquadram entre os limites citados.

Os teores de argila encontrados, tanto para o perfil P_1 como para o perfil P_2 , estão acima dos limites de 40-60% encontrados pela COMISSÃO. Com relação à soma de bases permutáveis e porcentagem de saturação em bases, os valores encontrados estão abaixo dos citados pela COMISSÃO. Isto se deve a um maior grau de intemperismo em que se encontram os solos aqui estudados. Segundo BENNEMA (4) devem ser classificados como distróficos.

Para os horizontes B_{21} e B_{22} de ambos os perfis, baseando-se na descrição morfológica e nos resultados das análises químicas, observa-se que:

- a) . os valores para a retenção de cátions mais alumínio trocável é menor que 10 e.mg/100g de argila;
- b) . a capacidade de troca catiônica é menor que 16 e.mg/100g de argila;
- c) . o teor de argila natural é menor que 5%.

Essas características, aliadas à friabilidade, ausência de cerosi-

dade, limites difusos e porosidade elevada, caracterizam um horizonte óxico.

Ainda de acordo com os resultados químicos, tem-se para os teores de carbono orgânico, valores menores que 20 kg/m^3 , o que, segundo o SOIL SURVEY STAFF (32), situam tanto o perfil P_1 como o perfil P_2 na subordem Orthox.

Esses perfis, em nível de grande grupo, seriam enquadrados como Acrorthox, pois apresentam valores para a retenção de cátions mais alumínio trocável menores que 1 e.mg/100g de argila, e em nível de subgrupo seriam Acrorthox típico, já que não apresentam plintita e possuem horizontes óxicos que se estendem a mais de 2 m e textura argila.

Quanto à análise mineralógica da fração grosseira, não ocorrem, nesses perfis, minerais responsáveis pela fonte de nutrientes para as plantas. Devido à composição mineralógica simples, com predomínio de minerais opacos, tais solos teriam se formado, segundo PETTIJOHN (30) a partir de rochas ígneas básicas, o que estaria de acordo com os resultados encontrados no Estado de São Paulo, pela COMISSÃO DE SOLOS (12).

A presença de caolinita e gibbsita na fração argila concorda com os resultados já apresentados por outros autores, pa-

ra solos desse tipo, de outras regiões do país. Contudo, uma pequena contração por aquecimento a 350°C, para o espaçamento basal (001) a aproximadamente 7,2 Å, que se observa nas Figuras 11 e 12 para as amostras mais profundas correspondentes às camadas T₁ e T₂ do perfil P₂, sugerem a ocorrência de halloysita. Realmente, segundo afirmações de BRINDLEY (6), o aquecimento a 350°C não destrói a halloysita, mas provoca uma redução em seu espaçamento basal para cerca de 7,2 Å.

A não ocorrência de tal contração para as demais amostras do mesmo perfil, sugere também uma intemperização mais avançada, à medida que se aproxima da superfície, o que é natural, e a sequência de intemperismo halloysita → caolinita. Esse maior grau de intemperismo dos horizontes superficiais é confirmado pelas análises químicas, onde se vê que o pH em KCl é maior que o pH em H₂O.

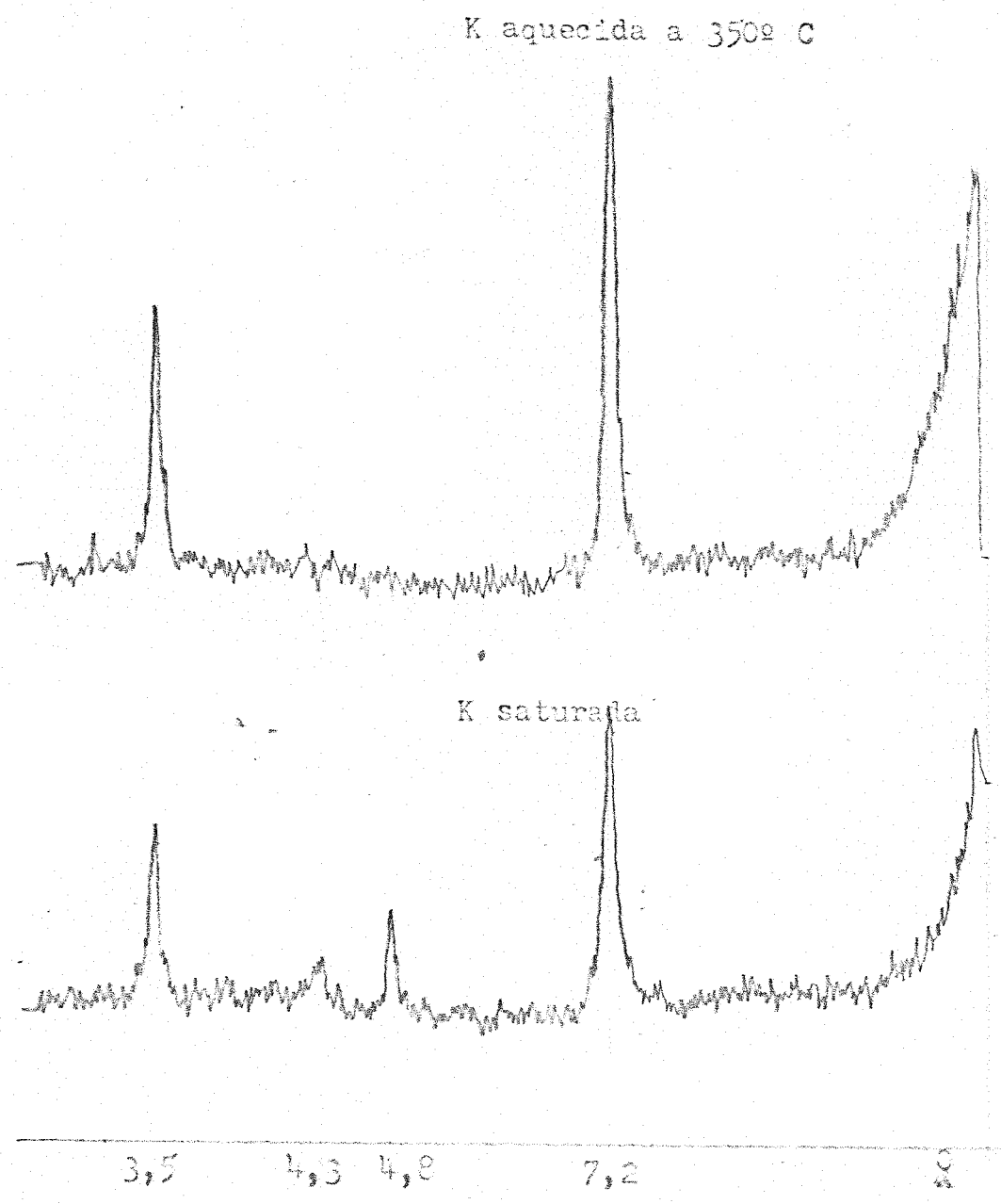


FIGURA 11 - Difractogramas da fração argila, camada T₁
(Trado), perfil P₂.

K aquecida a 350^o C

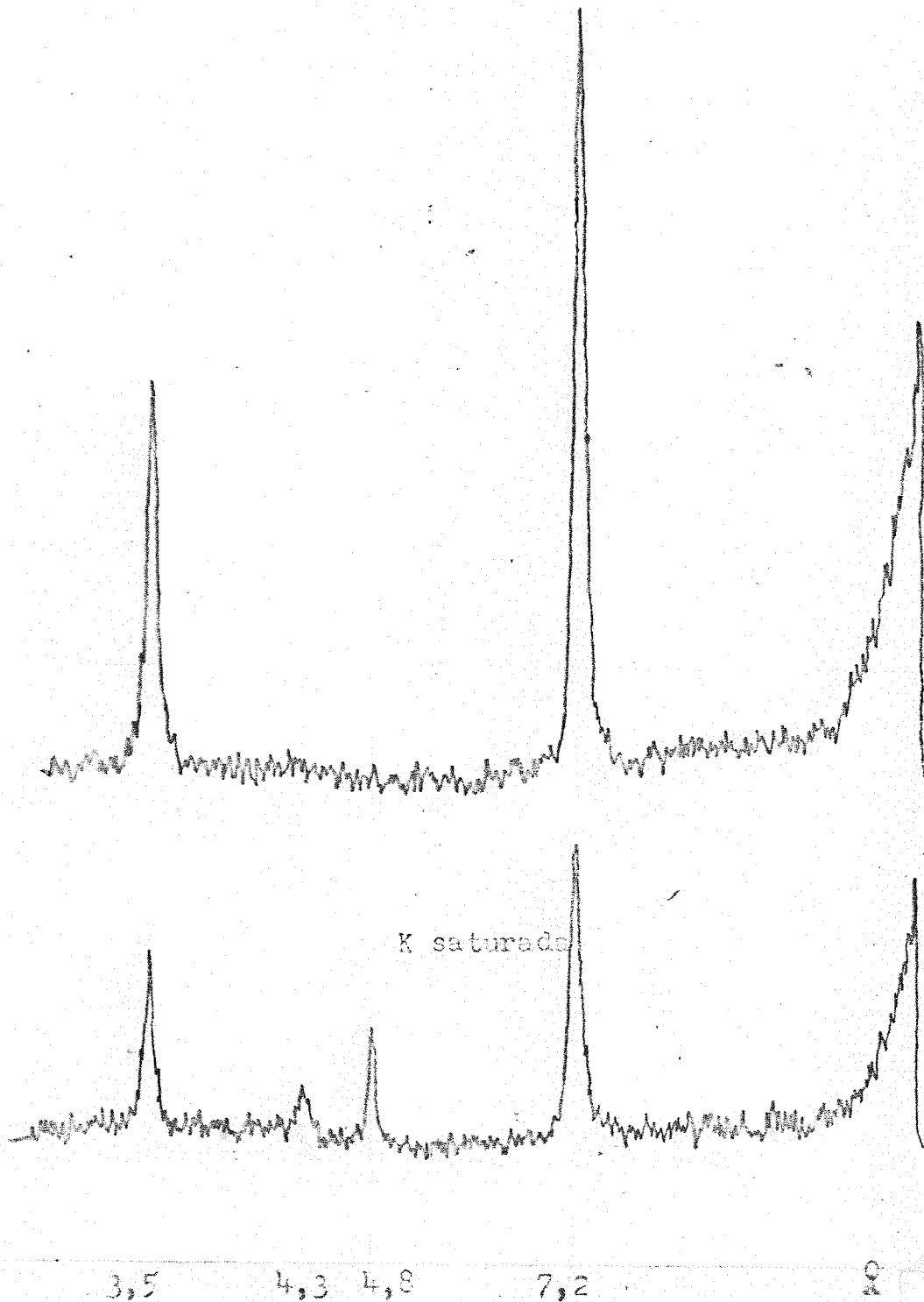


FIGURA 12 - Difratoogramas da fração argila, camada T₂
(Trado), perfil P₂.

5. CONCLUSÕES

Da interpretação dos resultados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- 1 . Os dois perfis são classificados em nível de grande grupo como latossolo roxo distrófico.
- 2 . Classificam-se em nível de subgrupo como Acrorthox típico.
- 3 . Do presente trabalho resulta, como recomendação especial, a pesquisa da ocorrência da halloysita, uma vez que foram acusadas pelos difratogramas.

6. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos principais, a determinação do provável material de origem de dois perfis de solo, de ocorrência no município de Lavras-MG, e sua classificação em nível de subgrupo, de acordo com a 7ª Aproximação do SOIL SURVEY STAFF (32).

Para tanto, efetuaram-se as descrições morfológicas, e as análises físicas, químicas e mineralógicas, segundo os métodos comumente utilizados.

Os resultados obtidos e interpretados permitiram as seguintes conclusões: (a) os dois perfis de solo são classificados como latossolo roxo distrófico; (b) a classificação de acordo com a 7ª Aproximação é um Acrorthox típico; (c) novas pesquisas em torno da ocorrência de halloysita devem ser feitas, uma vez que foram acusadas pelos difratogramas.

7. SUMMARY

The present work had the following objectives: the determination of the probable parent material of two profiles of soil, from the municipality of Lavras-MG, and its classification according to the 7th Aproximation of the SOIL SURVEY STAFF (32).

Morphological description, physical, chemical and mineralogical analysis were made according to routine methods.

The results obtained and its interpretation gave the following conclusions: (a) the two profiles of soil were classified as dystrophic roxo latosol; (b) the classification was according to the 7th Aproximation as Typic Acrorthox; (c) new researches about the possibility of the existence of "halloysite" must be done, since its occurrence was observed by diffractograms.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 . ALOISI, R.R. Caracterização de algumas famílias de solos do município de Jaboticabal. Jaboticabal, 1973. 157 pp |Tese (Doutoramento) - FMVAJ| .
- 2 . _____ . Mineralogia da fração argila de solos do município de Jaboticabal. Piracicaba, 1971. 74 pp. |Dissertação (Mestre) - ESALQ| .
- 3 . ANDRADE, S.S. Estudo de três catenas de solos dos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Piracicaba, 1971. 74 pp |Dissertação (Mestre) - ESALQ| .
- 4 . BENNEMA, J. Classification of Brazilian soils. Rome, FAO-EPTA, 2197, 1966. 83 pp.
- 5 . BLAKE, G.R. Particle density. In: C.A. Black. Methods of soils analysis, Part 1. Agronomy n. 9, Amer. Soc. of Agron. Inc., Publisher, Madison, Wisconsin. 1965. pp. 371-373.
- 6 . BRINDLEY, G.W. Kaolin, serpentine and hundred minerals. The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. London, G. Brown, 1961. pp 51-131.

- 7 . BRINDLEY, G.W. Identification of clay minerals by X-ray diffraction analysis. Clays and Clay technology. Bull. 169: 119-130, 1955.
- 8 . CARVALHO, A. Study of terra roxa estruturada and latossolo roxo on a topographic sequence in São Paulo state of Brazil. Newcastle, 1970. 93 pp. |Thesis (M.S.) - Univ. Newcastle|.
- 9 . CARVALHO, A., OLIVEIRA, J.B. & MENK, J.R.F. Variabilidade de características mineralógicas em duas áreas homogêneas de oxissolo. Soc. Bras. de Ciência do Solo. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Imprensa Universitária, Univ. Federal de Santa Maria, 1974. pp. 602.
- 10 . CARVALHO, A. & MONTGOMERY, R.F. Estudo de uma ocorrência de terra roxa estruturada e latossolo roxo numa sequência topográfica, no Estado de São Paulo. Soc. Bras. de Ciência do Solo. Anais do XIII Cong. Bras. de Ciência do Solo. Felipe José Alves, Vitória-ES, 1973. pp. 60-61.
- 11 . CARROLL, D. Heavy mineral assemblages of soils from the gold fields of western Australia. Geol. Mag. 73: 503-511, 1936.
- 12 . CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos, Rio de Janeiro. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. (Contribuição à carta de solos do Brasil). Bol. Serv. Nac. Pesq. Agron., Rio de Janeiro, nº 12, 1960. 634 pp.

- 13 . EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. Comissão de Solos, Rio de Janeiro. Levantamento de reconhecimento dos solos do noroeste do Estado do Paraná. (Contribuição à Carta de Solos do Brasil). Bol. Serv. Nac. Pesq. Agron., Rio de Janeiro, nº 14, 1970. 98 pp.
- 14 . ESCOBAR, E.H. et alii. Genesis y clasificacion de algunos suelos de la cuenca del arroyo Tijuco Preto, município de Rio das Pedras, San Pablo. Revista de Investigaciones Agropecuarias, Buenos Aires, 9(3): 89-126, 1972.
- 15 . INSTITUTO DE PESQUISAS E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE (IPEAN). Equipe de Pedologia. Levantamento de reconhecimento dos solos da Colônia Agrícola Paes de Carvalho. Bol. Técnico nº 2, 1970
- 16 . JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Advanced Course. 1ª ed. Dept^o of Soils Univ. of Wisconsin, Madison, Wisc. USA. 1956. 498 pp.
- 17 . JEFFRIES, C.D. A method of preparing soils for petrographic analysis. Soil Science, New Brunswick, 52: 451-454, 1941.
- 18 . KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Method of making mechanical analysis of soils. Soil Science, New Brunswick, 68(1): 15-26, July, 1949.
- 19 . KRUMBEIN, W.C. The effects of abrasion on the size, shape and roundness of rock fragments. Jour. Geol., Chicago, 49(5): 449-482. 1941.

- 20 . KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J. Manual of sedimentary Petrography. New York, Appleton-Century-Crofts, Inc., 1938. 549 pp.
- 21 . LEENHER, H. & SIMON, N. Influence of soil type on the production of sugarbeets and sugar. In: Inter. Cong. Soil Science, 4, Amsterdam. Transaction, 1950. 2: 222-258.
- 22 . MELFI, A.J., GIRARDI, V.A.V. & MONIZ, A.C. Mineralogia dos solos da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", Bragantia, Campinas, 25: 9-30, 1966.
- 23 . MENDES, A.C.T. Dispersão de amostras de solos minerais. Piracicaba, Deptº de Solos e Geologia da ESALQ, 1970, 47pp.
- 24 . _____ . Identificação das argilas do solo por difração do raio X, Piracicaba, Deptº de Solos e Geologia da ESALQ, 1972, 34 pp.
- 25 . MINAS GERAIS (estado). Secretaria da Agricultura. Programa integrado de pesquisas agropecuárias do Estado de Minas Gerais (PIPAEMG). Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais, 2ª tentativa. Belo Horizonte, 1972. 88 pp.
- 26 . MONIZ, A.C. & JACKSON, M.L. Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate. Wisconsin, 1967. 74 pp. (Soil Science Report 212)
- 27 . MOURA FILHO, W. Studies of a latossol roxo (Eutrústox) in Brazil: clay mineralogy, micromorphology effect of ion release, and phosphate reactions. Raleigh, 1970. 57 pp. | Thesis (Ph.D) - NCSU |

- 28 . OLIVEIRA, J.B. Variacão das características morfológicas , físicas, químicas e mineralógicas em duas áreas de oxissolo. Piracicaba, 1972. 199 pp. |Tese (Doutoramento) - ESALQ| .
- 29 . PAIVA NETO, J.E.; KUPPER, A. & MEDINA, H.P. Estudo pedológico da Estaco Experimental de Ribeirão Preto. In: Reuno Brasileira de Ciência do Solo, 2, Campinas. Anais da 2ª Reunião Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SBCS, 1953, pp 341-442.
- 30 . PETTIJOHN, F.J. Sedimentary Rocks. New York, Harper & Brothers, 1949. 526 pp.
- 31 . SOIL SURVEY STAFF. Soil Survey Manual. U.S.D.A, Handbook n 18. Govt. Printing Office, Washington, D.C. 503 pp.
- 32 . SOIL SURVEY STAFF. Suplement to soil classification system (7th approximation). 2. ed. Washington, U.S.D.A., 1967. 207 pp.
- 33 . SOUZA, J.J. Estudo pedológico de perfis de solos da região de Iracemápolis. Piracicaba, 1971. 100 pp. |Dissertao (Mestre) - ESALQ| .
- 34 . VETTORI, L. Métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo / M.A., 1969. 24 pp. (Bol. Técnico n 7).
- 35 . VILELA, E.A. & RAMALHO, M.A.P. Aspectos climáticos do município de Lavras-MG. (No prelo).