

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MINERALÓGICAS DE  
LATOSSOIS VERMELHO-AMARELOS - TEXTURA MÉDIA, DA  
REGIÃO DE SÃO MANUEL, SP\*

Bernardo C. Avelar\*\*  
J.L.I. Demattê\*\*\*

RESUMO

Quatro perfis de Latossol Vermelho Amarelo - textura média (LVA-m) (*Quartzipsamment Haplortox*) e um de Alúvio (*Tropic Fluvaquent*) localizados em uma topossequência da região de São Manuel, Estado de São Paulo, foram estudados em suas características morfológicas, granulométricas, químicas e mineralógicas.

Os perfis do LVA-m são caracterizados por serem profundos, homogêneos, de textura barro arenosa, lixiviados, ácidos, distróficos, com elevada saturação de alumínio, predominantemente caulinitico ou caulinitico-gibbsítico e com baixíssimo teor de ferro livre.

---

\* Trabalho extraído da tese de MS apresentada à E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. Entregue para publicação em 20.6.1979.

\*\* EMBRAPA, Sete Lagoas, MG.

\*\*\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

Tais perfis se localizam em três superfícies fisiográficas distintas. Apesar do material de origem ser aparentemente homogêneo ele sofreu diversos retrabalhamentos caracterizados pelas linhas de pedras e pelo teor de gibbsita. Constatou-se a transformação caulinita para gibbsita através da dessilicatização

O alúvio, caracterizado pela heterogeneidade de suas camadas, apresenta entretanto uma textura semelhante ao do LVA-m. Devida as características de excesso de água, drenagem lenta e posição de ocorrência, há um acúmulo de bases e sílica neste solo. A transformação gibbsita para caulinita foi sugerida.

## INTRODUÇÃO

Extensas áreas do Brasil estão cobertas pelos latossolos de textura média, solos profundos, bem drenados, de baixa fertilidade, de coloração vermelho amarelado, ácidos, formados a partir de arenitos e apresentando como vegetação o cerrado em suas diversas variações ou a floresta tropical (CAMARGO & BENNEMA, 1966; LEMOS, 1960; BRASIL, 1975). Como são solos de baixo potencial agrícola eles tem sido explorados quase que exclusivamente com pastagens. Entretanto, no Estado de São Paulo, ano após ano tais solos estão sendo recuperados quimicamente para a utilização com agricultura principalmente para a cana-de-açúcar com resultados animadores.

Os dados existentes a respeito das características destes solos normalmente são os apresentados nos diversos boletins do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e nos do projeto RADAM. Entretanto, resultados mais específicos, principalmente mineralógicos são ainda escassos e incompletos.

Devido principalmente a este motivo foi proposto a execução deste trabalho tendo como principal objetivo a caracterização pedológica de quatro perfis de Latossol Vermelho Amarelo de textura média, de ocorrência na região de São Manuel, Estado de São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados cinco perfis de solos localizados em uma sequência catenária constituída de quatro superfícies fisiográficas distintas. A primeira superfície, e a mais antiga no presente estudo, está localizada próximo a Faculdade de Ciências Médias e Biológicas de Botucatu com altitude aproximada de 860 m (local do Perfil 1); as demais localizadas próximo a cidade de São Manuel (Figura 1). Na segunda superfície, com altitude ao redor de 790 m, foi descrito e amostrado o perfil 2; na terceira superfície foram coletados os perfis 3 e 4 com altitude em torno de 750 m e finalmente a superfície mais jovem, provavelmente do Holoceno, nas margens do ribeirão Paraíso, é representada pelo perfil 5, a 715 m de altitude.

O exame morfológico dos perfis 1 a 4 mostrou que são solos muito profundos, de textura mediana, normalmente associados com linha de pedras evidenciando com isto o seu caráter poligenético. Provavelmente o material de origem destes quatro perfis seja um material retrabalhado do arenito de Bauru, e corresponde a superfície dos altos interflúvios de SOARES & LANDIN (1976). O material originário do perfil 5 já é bem mais recente, holocênico no caso, sendo constituído por um manto pouco profundo de textura variável porém de caráter arenoso.

A temperatura média anual é de 20,1°C e a precipitação pluviométrica média de 1053 mm; o tipo climático é Cwa, isto é, mesotérmico de inverno seco. A cobertura vegetal primitiva para as três superfícies é floresta latifoliada tropical e as classes de relevo predominantemente na região são suave ondulado e ondulado.

Após as descrições morfológicas feitas em trincheiras de até 2 m de profundidade (além desta profundidade as amostras foram coletadas com trado), os solos foram amostrados nos principais horizontes e enviados ao laboratório para análises. A análise granulométrica foi feita pelo método da pipeta (STEELE & BRADFIELD, 1934) utilizando hexametáfosfato de sódio como agente dispersante. A areia, após a separação das demais frações por tamizagem em via úmida, foi separada por tamizagem em via seca (areia muito grossa), 1-2 mm, areia grossa, 0,5-1 mm, areia média 0,25-0,5 mm, areia fina 0,1-0,25 mm e areia muito fina 0,05-0,10 mm). A argila natural foi determinada também pelo método da pipeta sem utilização entretanto dispersante.

As determinações de pH foram feitas em H<sub>2</sub>O e KCl 1N; o carbono orgânico de acordo com WINTER & SMITH (1929); cations trocáveis pelo acetato de amônio pH 7,0 (PEECH *et alii*, 1947) e o alumínio pela extração com KCl 1N (E.U.A., 1972). Após a eliminação da matéria orgânica (com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e ósico de Fe livre (ditionito-citrato Na) a amostra de solos foi dispersada e a fração argila separada por sifonação. Amostras de argila foram saturadas com Mg e os cloretos eliminados. Foi montada diversas amostras orientadas em lâmina de vidro e preparados os seguintes tratamentos: amostra seca a 25°C, amostra aquecida a 350°C, amostra aquecida a 550°C e amostra glicolada (JACKSON, 1965) e irradiadas com raio-X no intervalo de 2 a 30°C. As determinações quantitativas foram as seguintes: caulinita e gibbsita por análise térmica diferencial (DIXON, 1966), montmorilonita e vermiculita pela CTA (ALEXIADES & JACKSON, 1965); mica pelo teor de K<sub>2</sub>O e alofana por dissolução seletiva (ALEXIADES & JACKSON, 1966).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Granulometria e propriedades químicas*

De acordo com os dados granulométricos (Tabela 1) existe uma predominância de fração areia para todos os perfis estudados com valores entre 70 e 80%. Dentre as subfrações

a areia fina é a moda com teores entre 32 a 42%. Apesar de serem solos profundos os perfis 1 a 4 são aparentemente homogêneos até a profundidade estudada (máxima de 4,70m). Entretanto, por ocasião dos estudos de campo, pode-se constatar em cortes de estradas a presença de linha de pedras, de espessura variável, constituída principalmente por seixos de quartzo e fragmentos pequenos de laterita, localizados a profundidades maiores das amostradas. Além disso, a relação areia média com a areia fina (Tabela 1), tem demonstrado uma aparente homogeneidade do sedimento com exceção do primeiro horizonte, o que sugere uma descontinuidade litológica nesta primeira camada. A presença de linha de pedras e a relação das areias média e fina indicam que estes solos são originados de material retrabalhado provavelmente do arenito de Bauru, fazendo parte do que SOARES & LANDIN (1976) chamaram de material da superfície dos altos interflúvios.

Os teores de argila destes perfis são praticamente os mesmos com valores oscilando entre 11 e 21% e com uma ligeira tendência de concentração na região média dos perfis. A baixa relação textural e a ausência de cutans iluvial nos horizontes B excluem a possibilidade da ocorrência do horizonte argílico (E.U.A., 1975). O teor de silte é relativamente baixo evidenciando um avançado estágio de intemperismo (WAMBEKE, 1957). Os teores de argila natural são baixos e sempre menores do que a argila determinada com dispersante.

Morfologicamente os perfis 1 a 4 são semelhantes com matizes entre 10YR e 7,5YR nos horizontes superficiais, 7,5YR e 5YR nos horizontes B<sub>2</sub> e 5 YR e 2,5YR nos horizontes mais profundos (Tabela 1). O escurecimento dos horizontes superficiais está relacionado com o teor de matéria orgânica (Tabela 2) e as cores bruno vermelho amarelado dos demais horizontes, principalmente dos horizontes B, se deve ao baixo teor de ferro livre (Tabela 3). Devido ao caráter arenoso e ao avançado grau de intemperismo destes perfis a estrutura normalmente ou é maciça, porosa, ou é constituída por pequenos blocos de grau muito fraco com uma micro estrutura grumosa bem desenvolvida. A consistência em seus

diversos graus é semelhante para todos os quatro perfis (Tabela 1), cujas propriedades refletem o baixo teor de argila e a natureza caulínica desta fração (Tabela 3).

As características morfológicas e granulométricas do Perfil 5 que ocupa a parte mais baixa da topossequência refletem a sua natureza heterogênea, principalmente o teor de argila e a relação areia média e areia fina (Tabelas 1 e 2), cujos resultados evidenciam diversas descontinuidades litológicas. A sumarização destas propriedades confirma a natureza estratificada das camadas que constituem este solo, refletindo a sua natureza aluvial. O teor de argila é variável, porém inferior a 20%, indicando ser as camadas formadas por material transportado dos solos circundantes.

A morfologia deste solo parece ter sido influenciada predominantemente pelas características iniciais do aluvião e não pela pedogênese. As características morfológicas deste solo indicam ser ele o menos desenvolvido dos cinco solos aqui estudados. Devido as características de drenagem impedida e ao pouco tempo para a ação da pedogênese, não houve indício de lessivagem. A concentração de argila nas camadas mais inferiores se deve a natureza estratificada do material de origem e não iluviação de argila.

Quimicamente os perfis 1 a 4 são pobres, intensamente lixiviados com soma de bases normalmente inferior a 1 m.eq/100 g de solo e com elevada participação do alumínio no complexo coloidal, quase sempre superior a 50%, (Tabela 2). A pequena concentração de bases nos horizontes superiores destes solos se deve a influência da matéria orgânica e a reciclagem destes elementos. Os valores de pH em água obtidos para os horizontes superficiais de todos os perfis estão em torno de 5,0. Trata-se portanto de solos ácidos. Nas camadas mais profundas há um ligeiro acréscimo dos valores de pH, os quais situam-se em geral acima de 5,2 (Tabela 2). Os dados a respeito do  $\Delta pH$  são negativos, o que indica a predominância de cargas negativas no complexo (MEKARU & UEHARA, 1972).

Os valores de alumínio trocável nos horizontes superficiais estão em torno de 1,5 m.eq/100 g de solo,

decrecendo contínua e gradualmente em profundidade. A distribuição deste íon é portanto inverso a distribuição do pH ao longo do perfil, fato este já indicado por OLIVEIRA & MENK (1978) em solos semelhantes. Devido à baixa capacidade de troca catiônica e ao relativo teor de alumínio a saturação do complexo coloidal com o alumínio é de uma maneira geral superior a 60%. Normalmente a saturação com o alumínio superior a 60% restringe o desenvolvimento das plantas devido aos efeitos tóxicos deste elemento (EVANS & KAMPRATH, 1970).

Os dados da capacidade de troca catiônica da fração argila calculada graficamente mas não aqui apresentado (BEN NEMA, 1966) indica valores entre 8 a 12 m.eq/100 g de argila, resultados estes muito próximos o que vem indicar semelhança no estágio de intemperismo. A retenção de cátions em solos muito intemperizados e ácidos pode ser considerada semelhante ao conceito da capacidade de troca permanente (COLEMAN *et alii*, 1959). Os resultados desta retenção catiônica são normalmente inferiores aos valores da capacidade de troca catiônica da fração argila a pH 7 o que sugere a presença de cargas dependentes do pH nestes solos. Consequentemente, tais solos estariam incluídos ao que SANCHES (1976) designou de solos com sistema de troca silicatado recoberto pelos óxidos.

Por outro lado o alúvio (Perfil 5) apresenta uma composição química ao longo do perfil que reflete a sua natureza heterogênea. O teor de carbono por exemplo decresce em profundidade até os 80 cm, aumentando novamente atingindo um valor máximo de 0,81% na camada VI para decrescer em seguida. Os teores, principalmente de cálcio, magnésio, alumínio, e valores da CTC, indicam também esta heterogeneidade do material originário. Os elevados valores de capacidade de troca catiônica dos horizontes mais inferiores se deve provavelmente a existência de minerais de argila de superfície mais ativa do que a caulinita (Tabela 3).

*Mineralogia*

A Figura 2 ilustra diversos difratogramas assim como alguns termogramas da fração argila dos solos estudados. A caulinita pode ser reconhecida pelos espaçamentos de 7,14 e 3,56 Å na amostra K<sup>+</sup> saturada natural e que são eliminados a 550°C (Figura 2 A) ou então pelo pico endotérmico a 550°C (Figura 2 F); a gibbsita com espaçamentos de 4,8 Å na amostra natural eliminado a 350°C (Figura 2 C), ou também pelo pico endotérmico a 350°C (Figura 2 F). O espaçamento de 14 Å nas amostras a temperatura ambiente e o seu colapso parcial com formação de banda dirigida para 10 Å quando aquecidos a 350°C (Figura 2 A,C), evidencia a presença de minerais interestratificados clorita-vermiculita (DIXON & JACKSON, 1962) em todos os perfis estudados. A presença destes minerais em solos muito intemperizados se deve a precipitação de hidróxido de alumínio nos espaços interlaminares o que ocorre grande estabilidade à vermiculita, que permanece assim sob esta forma nesses solos. Além dos minerais já citados e com excessão da gibbsita o Perfil 5 possui a mica evidenciada pelos espaçamentos 10 e 3,3 Å após o aquecimento a 550°C (Figura 2 E).

Os perfis de Latossóis Vermelho Amarelo possuem mineralogia semelhante com predominância de caulinita (Tabela 3). Seus valores são aparentemente homogêneos em profundidade. Entretanto um exame mais profundo dos dados analíticos demonstrou que os solos correspondentes as superfícies fisiográficas são distintos em relação ao teor de gibbsita. Assim é que o perfil 1, localizado na superfície mais velha, possui um valor médio de gibbsita em torno de 17%, o perfil 2 um teor de 7%, os perfis 3 e 4 em torno de 3% e finalmente o alúvio, considerado o solo mais jovem, não possui gibbsita. Tomando-se somatória dos teores de caulinita e gibbsita (Tabela 3) pode-se observar que eles são praticamente constantes, ao redor de 72%. Isto significa que a gibbsita está se formando através do intemperismo da caulinita.

As condições de boa drenagem e clima tropical, favorece a eliminação das bases do solo (Tabela 2) e da sílica.



Consequentemente, a caulinita pode-se intemperizar para gibbsita (KITTRICK, 1977), num processo designado por des-silicatização intensiva (JACKSON, 1965) ou silicatização (MELFI & PEDRO, 1977).

Por outro lado, o teor de gibbsita pode ser tomado como um índice de intemperismo (JACKSON, 1969). Neste caso o teor de gibbsita decresce do perfil 1 ao perfil 4, ou seja, os solos localizados nas superfícies mais antigas são os que apresentam os teores mais elevados deste mineral ou em outras palavras, são também os mais intemperizados. Apesar do material de origem dos perfis 1 a 4 serem semelhantes na morfologia e nos dados granulométricos e químicos, o teor de gibbsita e as linhas de pedras são evidências de que este material sofreu diversos retrabalhamentos.

O alúvio (perfil 5) possui uma mineralogia diferente dos demais solos, principalmente nos teores de gibbsita e do material amorfo (Tabela 3). A ausência de gibbsita neste perfil pode ser interpretada de diversas maneiras e uma delas seria a seguinte: devido a posição de ocorrência do alúvio, região de várzea e frequentemente inundada, o seu material de origem deve ter sido o material transportado e depositado dos Latossóis Vermelho Amarelo localizado na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso. Se esta suposição for correta, deveria existir gibbsita neste solo, fato este não verdadeiro (Tabela 3). Devido as condições de drenagem pobre do alúvio, a água de percolação se move lentamente, consequentemente a concentração de sílica pode gradualmente aumentar e recombina com o alumínio para formar caulinita. Seria portanto um processo inverso ao da dessilicatização (HSU, 1977).

### *Classificação dos Solos*

Devido às condições de drenagem livre e clima tropical, os perfis do Latossol Vermelho Amarelo estão sofrendo uma intensa remoção de bases (Tabela 2) e sílica. A mineralogia é portanto representada pela caulinita ou caulinita e gibbsita. O horizonte diagnóstico de superfície é representado pelo epipedon ócrico devido principalmente pelas

características de cor (EUA, 1975) ou horizonte A pobre (BENNEMA & CAMARGO, 1964). As características de CTC, ausência de minerais intemperizáveis, som de espessura superior a 30 cm, teor de argila a 15% e ausência de iluviação, faz com que o horizonte de subsuperfície seja classificado com óxido. Ao nível de grande grupo tais solos foram classificados como Haplortox. Ao nível de família foram classificados como *Quartzipsamment Haplortox*, arenoso, silicoso e isotérmico.

Devido as características de heterogeneidade de suas camadas o alúvio (Perfil 5) foi classificado ao nível de família como *Tropic Fluvaquent*, arenoso, silicoso e isotérmico.

#### SUMMARY

#### PHYSICAL, CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF REF YELLOW LATOSOLS-MEDIUM TEXTURE OF SÃO MANUEL REGION, SP

Four profiles of a Red Yellow Latosol medium texture (RYL-mt) (*Quartzipsamment Haplortox*) and an Aluvial soil (*Tropic Fluvaquent*) occurring in a toposequence in São Manuel region, São Paulo State, were studied as to their physical, chemical and mineralogical characteristics.

The RYL-mt profiles are characterized by a deep and homogeneous soil, sandy loam texture, acid, with low base status, high aluminium saturation, kaolinitic or kaolinitic-gibbsitic mineralogy, and having a very low amount of iron.

The profiles are located in three distinct physiographic surfaces. The parent material is apparently homogeneous but the presence of stone lines and the differences in the amount of gibbsite in the three surfaces suggested a reworked material. The mineralogical data suggested a kaolinite gibbsite transformation.

The Aluvial soil is characterized by its heterogeneous material, with a similar texture of the LVA-mt. The position of occurrence of this soil and its low permeability are favorable to the concentration of bases and silica. The transformation of gibbsite to kaolinite was suggested.

## LITERATURA CITADA

- ALEXIADES, C.A. & JACKSON, M.C., 1965. Quantitative determination of vermiculite in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29:522-527.
- ALEXIADES, C.A. & JACKSON, M.L., 1966. Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. In: Proc. 14 th. Conf, Clays Minerals, p. 32-35.
- BENNEMA, J., 1966. Classification of Brazilian soils. Project Bra/TE/LA. Food in Agriculture Organization of United Nations, Rome, 83 p.
- BENNEMA, J. & CAMARGO, M.N., 1964. Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros, DPEA - Ministério de Agricultura - Rio de Janeiro (mimeografado).
- BRASIL, 1975., Levantamento de recursos naturais, projeto RADAM, vol. 7, 409 p.
- CAMARGO, M.N. & BENNEMA, J., 1966. Delineamento esquemático dos solos do Brasil. *Pes. Agropec. Bras.* 1:47-54.
- COLEMAN, N.T.; WEED, S.; McCRAKEN, 1959. Cation-exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont soil of North Carolina. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23:146-149.
- DIXON, J.B., 1966. Quantitative analysis of kaolinite and gibbsite in soils by differential thermal and selective dissolution methods. In: Proc. 14 th. Conf. Clays Minerals.

- DIXON, J.B. & JACKSON, M.L., 1962. Properties of intergradient chlorite expansible layer silicates of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26:358-362.
- EUA, 1975. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Soil survey investigations report n° 1, USDA, Washington, 63 p.
- EUA, 1975. Soil survey staff - soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook n° 436. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J., 1970. Some response as related to percent Al saturation, solution Al and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34:893-896.
- HSU, P.H., 1977. Aluminiu hydroxides and oxyhydroxides. In: Dixon, J.B., ed. Minerals in Soil Environments - Soil Sci. Soc. Amer., Madison Wisconsin, p. 99-144.
- JACKSON, M.L., 1965. Soil chemical analysis, advanced course. Univ. of Wisconsin, Md., 991 p.
- JACKSON, M.L., 1965. Clay transformation in soil genesis during the quaternary. *Soil Sci.* 99:15-22.
- JACKSON, M.L., 1969. Weathering of primary and secondary minerals in soils 9 th. Intern. Cong. Soil. Sci. Adelaide, Austrália, 4:261-292.
- KITTRICK, J.A., 1969. Soil minerals in the  $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$  system and a theory of their formation. *Clays and Clay Miner.* 17:157-167.
- LEMOS, R., 1960. Levantamento de solos do Estado de S. Paulo. Serv. Nac. Pesq. Agrônôm., Comissão de Solos, Ministério da Agricultura, 605 p.

- MEKARU, T. & UEHARA, G., 1972. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36:296-300.
- MELFI, J. & PEDRO, G., 1977. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. *Revista Bras. Geociências* 7:271-286.
- OLIVEIRA, J.B. & MENK, J.R.F., 1977. Latossolos da quadrícula de Campinas, SP. I Características Morfológicas e Químicas. *Rev. Bras. Cienc. Solo.* 1:108-114.
- PEECH, M. *et alii.*, 1947. Exchangeable hydrogen by triethanolamine methods, USDA, Circ. 757.
- SOARES, P.C. & LANDIN, P.M.B., 1976. Depósitos genozóicos na região Centro-Sul do Brasil. *Not. Geomorfol.* 16(31): 17-39.
- STEELE, J.C. & BRADFIELD, R., 1974. The significance of size distribution in the clay fraction. *Am. Soil Survey Assu. Report. Bull* 15:89-93.
- WANBECK, A. van., 1962. Criteria for classifying tropical soils by age. *J. Soil Sci.* 13:124-132.
- WINTERS, E. & SMITH, R.S., 1929. Determination of total carbon in soils. *Ind. Eng. Chem. Anal.* 1:202-203.

Tabela 1 - Características morfológicas e granulométricas (em porcentagem) dos solos estudados

Horizonte	Espesura cm	Cor úmida	Consistência*			areia (mm)				Silte 2-50µ	Argila <2µ	Argila natural %	am/af*
			seco	úmido	molhado	1 - 2	0,5-1	0,50	0,10				
Ap	0-4	10YR 3/2	mc	mf	np np	Perfil 1	6	33	35	9	3	12	0,94
A3	4-28	10YR 3/4	ld	fr	lp lpe	2	5	24	41	12	5	12	0,58
B1	28-56	7,5YR 4/4	ld	fr	lp lpe	1	5	24	39	13	5	13	0,60
B21	56-84	7,5YR 5/7	mc	mfr	lp lpe	1	5	23	39	14	5	13	0,57
B22	84-112	7,5YR 5/6	mc	mfr	lp lpe	1	5	24	36	13	6	15	0,66
B31	112-200	7,5YR 5/6	mc	mfr	lp lpe	1	6	25	33	16	3	16	0,74
B32	200-350	2,5YR 5/8	mc	mfr	lp lpe	1	3	20	35	15	9	17	0,54
B33	350-450	2,5YR 4/8	mc	mfr	lp lpe	1	4	21	32	15	8	19	0,66
A11	0-10	7,5YR 3/2	mc	mfr	lp lpe	Perfil 2	6	22	35	8	14	13	0,62
A12	10-25	7,5YR 4/4	ld	fr	lp lpe	2	4	18	41	13	10	13	0,40
A3	26-41	5YR 4/8	ld	fr	lp lpe	1	3	16	40	13	12	15	0,40
B1	41-57	5YR 4/6	ld	mfr	pl pe	1	3	14	38	18	8	18	0,35
B21	57-77	5YR 4/8	ld	mfr	pl lpe	1	3	13	37	18	10	18	0,34
B22	77-138	5YR 5/8	ld	mfr	pl pe	1	3	13	36	18	10	19	0,36
B31	138-204	5YR 5/8	ld	mfr	pl pe	1	3	14	36	18	9	19	0,38
B32	204-304	2,5YR 5/8	mc	fr	pl pe	1	3	13	36	19	8	20	0,38
B33	304-470	2,5YR 5/8	mc	fr	pl pe	1	4	16	35	15	8	21	0,45
A11p	0-5	7,5YR 3/2	ld	fr	np np	Perfil 3	6	33	34	8	6	12	0,97
A12p	5-17	7,5YR 3/2	ld	fr	np np	<1	3	30	40	10	5	11	0,73
A3	17-30	7,5YR 3/2	ld	mfr	lp lpe	<1	4	27	37	10	7	14	0,72
B2	30-110	5YR 4/6	ld	mfr	lp lpe	<1	3	27	38	10	7	14	0,70
B31	110-210	5YR 4/8	mc	mfr	lp lpe	<1	3	25	36	13	5	17	0,71
B32	210-310	5YR 4/6	mc	fr	lp lpe	<1	2	25	37	12	7	16	0,56
B33	310-470	2,5YR 5/8	mc	fr	lp lpe	<1	4	34	40	4	4	13	0,82

Tabela 1 - (Continuação)

Horizonte	Espes- sura	Cor úmida	Consistência*		Areia (mm)			Silte 2-50µ	Argila <2µ	Argila natural %	am/af*			
			seco	úmido	molhado	1 - 2	0,5-1					0,50	0,10	0,05
<u>Perfil 4</u>														
Ap	0-12	10YR 3/3	mc	mfr	np np	<1	3	24	43	13	3	13	3	0,55
A3	12-55	10YR 5/6	ld	fr	np np	<1	4	28	40	12	2	13	5	0,71
B1	55-100	10YR 5/6	ld	fr	np lpe	<1	4	26	38	12	4	15	5	0,68
B2	100-168	10YR 5/8	ld	fr	lp lpe	<1	4	30	35	10	4	16	8	0,85
B31	168-208	7,5YR 5/6	ld	fr	lp lpe	<1	4	25	34	13	6	17	6	0,87
B32	208-318	7,5YR 5/6	mc	fr	lp lpe	<1	4	25	35	12	6	17	6	0,71
B33	318-408	5YR 5/6	mc	fr	lp lpe	<1	4	25	32	13	7	18	2	0,76
B34	408-458	5YR 6/5	mc	fr	lp lpe	<1	5	25	33	12	6	18	2	0,75
<u>Perfil 5</u>														
Ap	0-3	10YR 4/1	s	mf	np np	<1	2	27	42	10	11	7	2	0,57
Cam II	3-12	10YR 3/1	s	mf	np np	<1	6	37	37	8	6	6	2	1,00
Cam III	12-30	N5/	mc	fr	np np	<1	4	28	35	12	10	10	3	0,79
Cam IV	30-80	N4/	mc	fr	lp np	<1	5	32	35	11	6	10	4	0,90
Cam V	80-120	N4/	ld	fr	lp lpe	<1	1	16	37	16	9	20	6	0,43
Cam VI	120-130	N3/	ld	fr	lp lpe	<1	1	17	36	14	11	20	7	0,46
Cam VII	130-190	N3/	ld	fr	lp lpe	<1	2	26	45	12	3	11	4	0,57

\* mc = macio; mf = muito friável; np = não plástico; np = não pegajoso; ld = ligeiramente duro; fr = friável; lp = ligeiramente plástico; lpe = ligeiramente pegajoso; pl = plástico; pe = pegajoso.

Tabela 2 - Principais características químicas dos solos estudados

Hori- zonte	pH		ΔpH	Carbono orgânico	Complexo sortivo				H <sup>+</sup> Acidez	S*	CTC solo	V	Al
	H <sub>2</sub> O	KCl			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>					
Ap	5,0	4,6	-0,4	2,19	0,35	0,21	0,10	1,76	5,23	0,66	7,65	9	72
A3	5,5	4,3	-1,2	0,18	0,14	0,12	0,03	1,02	1,22	0,29	2,53	12	77
B1	5,4	4,3	-1,1	0,10	0,14	0,13	0,03	1,00	0,92	0,30	2,22	15	76
B21	5,5	4,4	-1,1	0,10	0,16	0,08	0,02	0,88	1,02	0,26	2,16	14	77
B22	5,6	4,5	-1,1	0,10	0,16	0,08	0,02	0,82	0,94	0,26	2,02	14	75
B31	5,6	4,6	-1,0	0,09	0,14	0,10	0,01	0,59	1,01	0,25	1,85	15	70
B32	6,6	5,3	-1,3	0,05	0,24	0,04	0,02	0,40	1,04	0,30	1,73	17	57
B33	6,7	5,4	-1,3	0,05	0,24	0,02	0,02	0,30	0,85	0,28	1,43	22	51
Perfil 1													
A11	5,1	4,3	-0,8	1,44	1,47	0,43	0,03	1,02	4,22	1,93	7,17	27	34
A12	4,7	4,2	-0,5	1,27	0,19	0,17	0,03	1,70	3,42	0,39	5,51	7	81
A3	4,5	4,3	-0,2	0,73	0,19	0,11	0,03	1,73	2,81	0,33	4,87	7	83
B1	4,8	4,4	-0,4	0,63	0,30	0,15	0,03	1,71	2,40	0,48	4,59	10	78
B21	4,7	4,3	-0,4	0,36	0,21	0,17	0,03	1,70	1,53	0,41	3,64	11	88
B22	4,9	4,4	-0,5	0,13	0,16	0,13	0,03	1,50	1,14	0,32	2,99	13	82
B31	4,9	4,4	-0,5	0,10	0,16	0,10	0,02	1,23	1,07	0,28	2,62	14	81
B32	5,5	4,4	-1,1	0,05	0,18	0,10	0,02	1,01	1,00	0,30	2,44	20	77
B33	5,5	4,6	-0,9	0,02	0,21	0,08	0,02	0,62	1,08	0,31	2,01	18	66
Perfil 2													
A11P	5,0	4,2	-0,8	0,71	0,26	0,20	0,05	1,12	2,58	0,51	4,20	12	68
A12P	5,0	4,2	-0,8	0,70	0,21	0,16	0,03	1,30	2,50	0,40	4,20	12	76
A3	5,0	4,4	-0,6	0,31	0,21	0,11	0,03	1,23	2,24	0,35	3,82	11	77
B2	5,0	4,4	-0,6	0,19	0,20	0,07	0,02	1,17	1,50	0,29	2,96	10	80
B31	5,2	4,5	-0,7	0,10	0,18	0,12	0,01	0,94	1,16	0,31	2,38	14	75
B32	5,0	4,5	-0,5	0,04	0,21	0,09	0,01	0,86	1,10	0,31	2,35	14	73
B33	5,5	4,8	-0,7	0,04	0,18	0,10	0,01	0,50	0,91	0,29	1,68	23	63
Perfil 3													



Tabela 2 - (Continuação)

Hori- zonte	pH		ΔpH	Carbono organico	Complexo sortivo				H <sup>+</sup> Acidez	S*	CTC solo	V	Al
	H <sub>2</sub> O	KCl			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>					
													meq/100g de solo
													%
													Perfil 4
Ap	5,0	4,5	-0,5	0,45	0,19	0,13	0,02	1,47	2,21	0,34	3,97	12	81
A3	5,0	4,5	-0,5	0,33	0,18	0,11	0,02	1,30	1,47	0,31	3,08	10	76
B1	5,2	4,5	-0,7	0,30	0,16	0,11	0,01	1,26	0,93	0,28	2,48	13	81
B2	5,2	4,4	-0,8	0,13	0,16	0,10	0,01	1,14	0,97	0,27	2,38	12	80
B31	5,3	4,4	-0,9	0,10	0,14	0,10	0,01	1,12	0,88	0,25	2,25	12	81
B32	5,5	4,7	-0,8	0,10	0,16	0,11	0,01	0,90	1,07	0,28	2,26	14	76
B33	5,0	4,6	-0,4	0,05	0,16	0,11	0,01	0,85	1,05	0,28	2,18	16	75
B34	5,4	4,5	-0,9	0,03	0,16	0,10	0,01	0,86	0,92	0,27	2,14	15	76
													Perfil 5
5,4	4,5	-0,9	1,30	0,66	0,17	0,06	1,42	3,01	0,89	5,32	17	61	
5,4	4,5	-0,9	0,67	0,27	0,05	0,03	1,22	2,89	0,35	4,46	8	77	
5,5	4,5	-0,9	0,54	0,29	0,03	0,02	1,41	2,78	0,34	4,53	7,5	80	
5,2	4,4	-0,8	0,22	0,27	0,05	0,01	1,44	2,09	0,33	3,86	9,5	81	
5,1	4,3	-0,8	0,44	0,64	0,18	0,02	3,90	5,30	0,84	10,04	8,0	82	
5,1	4,3	-0,8	0,81	0,85	0,30	0,06	6,14	7,80	1,21	15,15	8,0	83	
5,2	4,5	-0,7	0,34	0,35	0,11	0,03	2,35	3,77	0,49	6,61	7,5	82	

\* S = soma das bases

Tabela 3 - Composição mineralógica da fração argila dos solos estudados

Horizonte	Profundidade cm	Cauli- nita	Gibbsi- ta	Amorfo	Mica	Vermi- culi- ta	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Total
% —————								
<u>Perfil 1</u>								
Ap		70	16	5	3	2	1	97
A <sub>3</sub>		52	17	9	3	3	2	86
B <sub>1</sub>		59	14	10	2	3	2	90
B <sub>21</sub>		58	15	13	2	2	1	91
B <sub>22</sub>		64	20	9	2	4	1	100
B <sub>31</sub>		52	18	11	2	2	2	87
B <sub>32</sub>		55	17	10	2	3	2	89
B <sub>33</sub>		60	15	13	1	4	2	95
<u>Perfil 2</u>								
A <sub>11</sub>		60	5	14	2	3	1	85
A <sub>12</sub>		54	7	17	2	3	2	85
A <sub>3</sub>		74	7	14	1	2	2	100
B <sub>1</sub>		64	6	14	2	1	2	89
B <sub>21</sub>		55	7	15	1	6	2	86
B <sub>22</sub>		57	8	15	1	2	2	85
B <sub>31</sub>		67	9	11	2	4	2	95
B <sub>32</sub>		74	7	15	2	2	2	102
B <sub>33</sub>		60	6	13	2	5	2	88
<u>Perfil 3</u>								
A <sub>11p</sub>		70	2	11	2	3	2	90
A <sub>12p</sub>		70	3	12	2	2	2	91
A <sub>3</sub>		81	3	10	2	4	1	101
B <sub>2</sub>		67	2	13	2	3	2	89
B <sub>31</sub>		72	3	15	1	2	2	95
B <sub>32</sub>		82	3	14	1	3	2	105
B <sub>33</sub>		74	2	15	1	2	2	96
<u>Perfil 4</u>								
Ap		65	4	14	2	2	1	88
A <sub>3</sub>		66	4	14	2	3	1	90
B <sub>1</sub>		76	5	10	2	1	1	95
B <sub>2</sub>		59	4	14	2	4	1	84
B <sub>31</sub>		67	4	12	2	2	1	88
B <sub>32</sub>		65	3	13	1	2	1	85
B <sub>33</sub>		79	3	10	2	3	1	98
B <sub>34</sub>		69	3	13	2	2	1	90
<u>Perfil 5</u>								
Ap		61	0	20	3	5	<1	90
Cam II		63	0	21	2	5	<1	91
Cam III		57	0	22	2	5	<1	86
Cam IV		60	0	20	3	4	<1	87
Cam V		64	0	21	2	4	<1	91
Cam VI		67	0	21	2	5	<1	95
Cam VII		57	0	22	3	5	<1	87

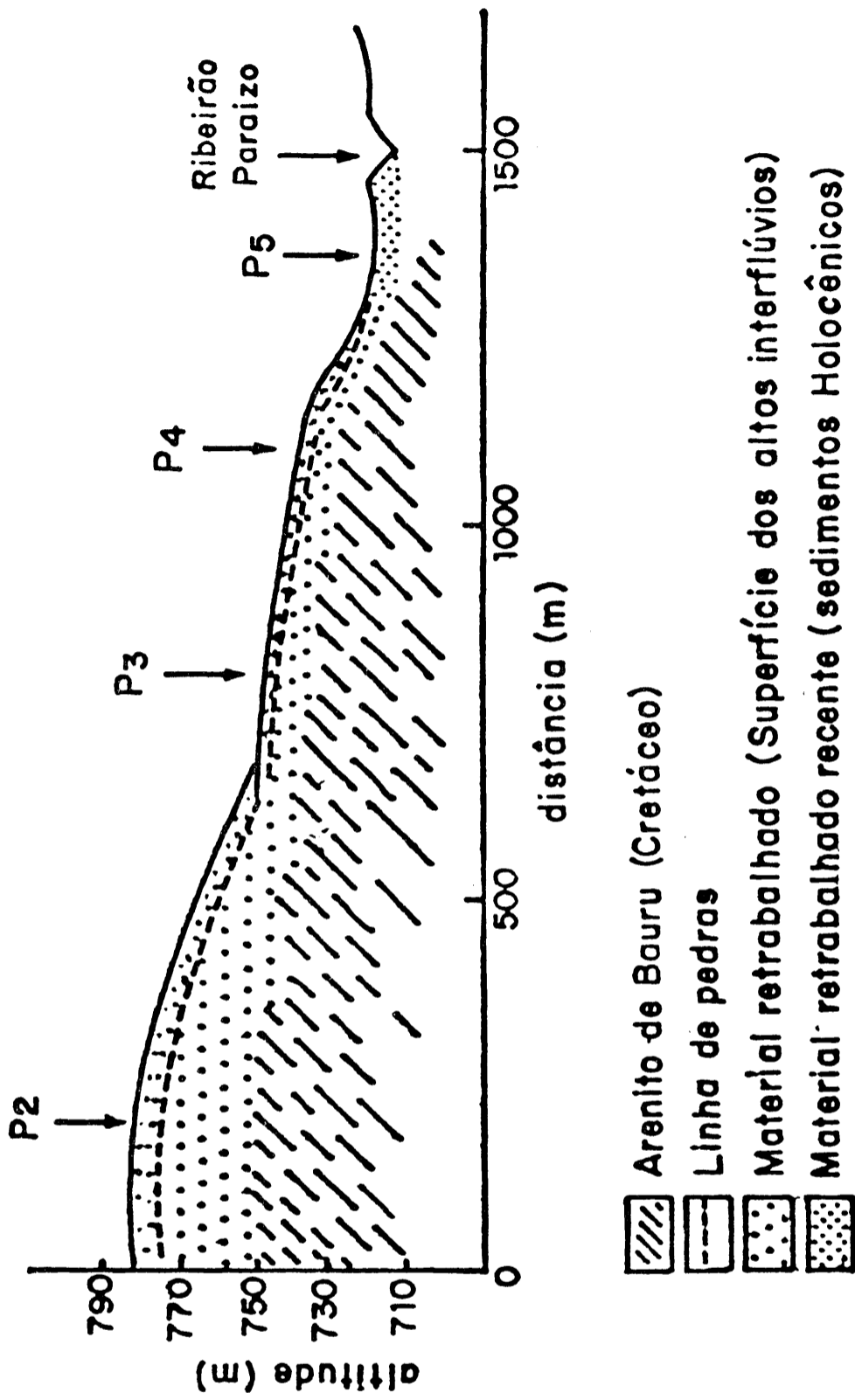


Figura 1 - Posição dos solos estudados de acordo com a altitude e a distância

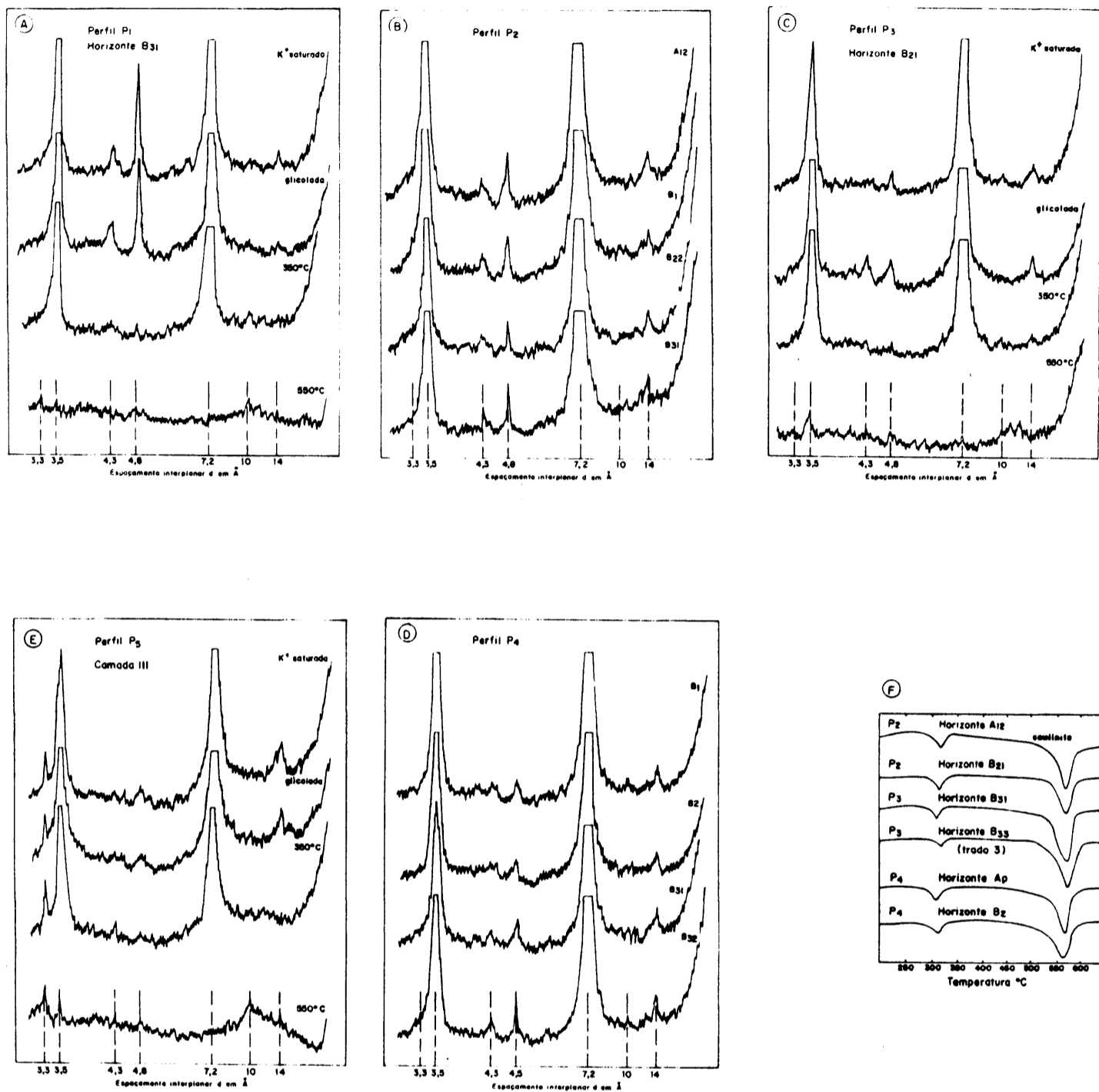


Figura 2 - Difratoogramas de raios-x de amostras deferradas dos solos estudados: (A) Perfil P<sub>1</sub>, horizonte B<sub>31</sub>, (B) Perfil P<sub>2</sub>, (C) Perfil P<sub>3</sub>, (D) Perfil P<sub>4</sub>, (E) Perfil P<sub>5</sub>, camada III, (F) Termogramas



