CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLOS BRUNOS DO MACIÇO ALCALINO DE POÇOS DE CALDAS (MG)

TARCÍSIO EWERTON RODRIGUES

Orientador : Prof. Dr. JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTÊ

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto, 1984

À

memmória de meu pai e irmãos;
a minha mãe e irmãos e, Sr. Raimundo
que muito contribuíram
para a minha formação

meu reconhecimento.

À

minha esposa Silvia
e minhas filhas
Sione e
Patrícia

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Luiz I. Demattê, pela orientação objetiva e constante durante o curso e na execução deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. Toshiaki Kinjo, pelas sugestões e colaboração no desenvolvimento deste trabalho;
- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade de realizar o curso e pelo suporte financeiro para execução deste trabalho;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pelos ensinamentos ministrados;
- Ao Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos-EMBRAPA, pela realização de parte das análises físicas e químicas e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP, pelas análises de fracionamento da matéria orgânica;
- Aos Drs. Abeilard F. de Castro e Clotário Oliveira da Silveira, respectivamente, chefe e chefe adjunto-técnico do SNLCSolos, por viabilizarem a realização do curso e desenvolvimento deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. Carlos C. Cerri, pelas oportunas sugestões e observações;
- Ao Dr. Marcelo Nunes Camargo, pelas sugestões e apoio recebido;
- Aos Drs. Humberto Gonçalves dos Santos, pela eficiente colaboração nos trabalhos de campo; Maria Amélia M. Duriez, Paulo C. Lima, José P. Lima, pela colaboração prestada.

- Ao Dr. Idarê Azevedo Gomes, pela amizade, apoio e colaboração;
- Ao Dr. Antonio C. Moniz, pelas sugestões e colaboração no desenvolvimento deste trabalho;
- Ao prof. Dr. Iede de Brito Chaves, pela revisão do texto;
- Aos técnicos de Laboratório, sr. Mário Benedito Lodovico e sra. Maria Elisabete H.B. Guimarães e a secretária sra. Nelci Maniero, pelas suas valiosas contribuições;
- Aos professores, colegas e amigos pelo estímulo e apoio recebidos;
- À minha dedicada esposa Silvia, pela sua perseverança ao longo de uma carreira que nem sempre foi suave, e às minhas queridas filhas Sione e Patrícia, pelo estímulo positivo que resultou, constantemente, de suas preocupações pelo sucesso do pai.

ÍNDICE

	<u>página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características dos solos	3
2.2. Características de cargas	7
2.3. Mineralogia	14
2.3.1. Mineralogia de argila	14
2.3.2. Óxidos de ferro	18
2.4. Micromorfologia	24
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.1. Geologia	28
3.2. Vegetação	30
3.3. Clima	34
3.4. Geomorfologia (relêvo)	35
3.5. Solos	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. Material	40
4.2. Métodos	40
4.2.1. Análises físicas	41
4.2.2. Análises químicas	42
4.2.3. Análises mineralógicas	44
4.2.4. Análise micromorfológica	48
4.2.5. Classificação	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1. Morfologia e distribuição dos solos	51
5.2. Propriedades físicas	65
5.3. Propriedades químicas	75
5.3.1. Matéria orgânica e tipo de humus	75
5.3.2. Complexo sortivo e pH	87
5.3.3. Relações Ki e Kr	92
5.3.4. Balanço de cargas	94
5.4. Mineralogia	104
5.4.1. Óxidos de ferro, alumínio e manganês ...	104

	<u>página</u>
5.4.2. Mineralogia da fração areia	119
5.4.3. Mineralogia da fração silte	125
5.4.4. Mineralogia da fração argila	129
5.5. Micromorfologia	141
5.6. Características de pedogênese	152
5.7. Classificação de solos	163
6. CONCLUSÕES	169
7. LITERATURA CITADA	173
8. APÊNDICES	194

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLOS BRUNOS DO MACIÇO ALCALINO
DE POÇOS DE CALDAS- (MG)

Candidato: TARCISIO EWERTON RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTÊ

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de obter informações sobre a caracterização e gênese de solos Brunos encontrados no maciço alcalino de Poços de Caldas-MG. Foram amostrados oito perfis de solos desenvolvidos de rochas alcalinas no maciço de Poços de Caldas. Tais perfis estão dispostos ao longo de duas sequências catenarias, ou seja, sequência I com os perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4 e a sequência II com os perfis PC-5, PC-6, PC-7 e PC-8. Tais solos apresentam coloração predominantemente brunada, associada com uma estrutura pequena a grande em forma de bloco subangular em grau moderado. As análises físicas e químicas incluíram além das análises de rotina, a retenção de água, superfície específica, cargas elétricas e óxidos de Fe, Al e Mn. No estudo da composição mineralógica das frações do solo foram empregados Raios-X, DTA e métodos óticos.

Os solos são argilosos a muito argilosos, ácidos, argila de baixa atividade e álicos, com estrutura no horizonte B latossolico em grau moderado e fraco, de coloração brunada nos matizes 10YR a 5YR. Os valores de superfície específica (64 a 187 m²/g) são elevados para solos de mineralogia 1:1, refletindo a influência de materiais amorfos, mica e ma-

téria orgânica, no complexo coloidal destes solos. O comportamento eletroquímico destes solos é regido pelo sistema de cargas variáveis, devido as cargas dependentes de pH presentes na superfície das caulinitas e óxidos de Fe e Al. Nestes solos ocorrem tanto cargas negativas como positivas no pH do solo. A goethita como Al-substituição (23 a 57 mole % na fração argila) é a principal responsável pela coloração brunada destes solos.

A composição mineralógica destes solos é constituída predominantemente por caulinita, gibbsita, material amorfos (alofanas) e mica. Em pequenas percentagens são encontrados vermiculita com hidroxila interlamelar, quartzo, óxidos de titânio e feldspatos. A gibbsita encontra-se em duas formas: gibbsita primária I nas frações areia e silte, formadas pela alteração direta de feldspatos e a gibbsita secundária II, formada pela dessilicatização da caulinita. A caulinita é originada da alteração direta do feldspato, ressilicatização de gibbsita I e dessilicatização da mica. A associação da caulinita com microcristais de gibbsita, altamente anisotrópico, na matriz do solo, confere a estes, uma estrutura plásmica predominantemente sépica.

Os teores de óxidos de ferro total ($\leq 9\% \text{Fe}_2\text{O}_3$) e a presença de horizonte B latossólico ou óxico, permitem enquadrar a maior parte destes solos nas classes dos Latossolos Brunos e Vermelhos Amarelos. A única distinção entre eles seria a estruturação mais evidente nos perfis PC-1, PC-2, PC-4, PC-7 e PC-8. Entretanto, tal critério não é distintivo entre classes de solos no sistema brasileiro de classificação. A criação de um subgrupo dentro dos Latossolos que incluíssem os solos semelhantes as Terras Brunas Estruturadas, serviria para agrupar justamente os solos com características oxídicas, porém, com estrutura mais desenvolvida.

CHARACTERIZATION AND GENESIS OF BROWN SOILS FROM ALCALINE
ROCKS OF POÇOS DE CALDAS (MG)

Candidate: TARCISIO EWERTON RODRIGUES

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTE

SUMMARY

This study was carried out with the objective to obtain informations on characteristic and genesis of Brown Soils originated from alkaline rocks of Poços de Caldas - MG. Eight profiles of these soils were selected for this study. Such profiles are located in two toposequences: sequence I with profiles designated PC-1, PC-2, PC-3 and PC-4; sequence II with profiles PC-5, PC-6, PC-7 and PC-8. These soils have predominantly brownish coloring, together with fine to coarse subangular blocky structure in moderate grade. The physical and chemical analyses included, besides those of routine analyses, water retention, specific surface, electrical charge, and oxides of Fe, Al, and Mn. In the study of the mineral composition of the soil fractions, raios-X, DTA, and optical methods were used.

The soils are clayey to very clayey, acid, low activity clay, and alic. The B horizon is characterized by a weak to moderate subangular blocky structure and a brownish color with hues ranging from 5YR to 10YR. The values of specific surface area (64 to 187 m²/g) are high for soils with 1:1 type mineralogy, reflecting the influence of amorphous material, mica, and organica matter in the colloidal complex

of these soils. The electrochemical behavior of these soils is governed by the variable charge system, due to the presence of pH-dependent charges on the surface of the kaolinite and the oxides of Fe and Al. In these soils occurs negative charge as well as positive charge at the pH of the soil. The goethite with Al-substitution (23 to 57 mole % in the clay fraction) is mainly responsible for their brownish color.

The mineralogical composition of these soils is constituted predominantly by kaolinite, gibbsite, amorphous material (allophane), and mica. Exist in small percentages, vermiculite with interlaminar hydroxide, quartz, oxides of titanium, and feldspats. The gibbsite exists in two forms: primary gibbsite I in the sand and silt fractions, formed by the direct alteration of feldspats and secondary gibbsite II, formed by the desilication of the kaolinite. The kaolinite is originated from the direct alteration of the feldspats, resilication of gibbsite I, and desilication of the mica. The association of the kaolinite with microcrystalline gibbsite, highly anisotropic, in the soil matrix, gives rise to plasmic structure, predominantly sêpic to these soils.

Total iron oxides contents ($\leq 9\%$ Fe_2O_3) and the presence of latosolic or oxic B horizon allow to include a large part of these soils in the classes of Brownish Latosols and Red Yellow Latosols. Only one distinction among them would be the more evident structure in the profiles PC-1, PC-2, PC-4, PC-7 and PC-8. However, such criterion is not distinctive among soils classes in the Brazilian Soils Classification System. Establishment of one subgroup within the Latosols that could include soils similar to Structured Brown Earth, would serve to include those soils with oxidic characteristics, but with more developed structure.

1. INTRODUÇÃO

Os solos estudados neste trabalho são originados de rochas alcalinas do maciço de Poços de Caldas - Estado de Minas Gerais, que apresentam características morfológicas semelhantes às Terras Brunas Estruturadas e aos Latossolos Brunos, identificados no sul do Brasil (EMBRAPA, 1980aeb). Tais solos são caracterizados, principalmente em relação à cor brunada e a estrutura em bloco subangular pequena a grande de grau moderado, bastante evidente no horizonte B. O aspecto desta estrutura, torna-se mais evidente nos cortes secos de estrada, onde o processo de umedecimento e secamento tem agido com mais frequência. Estes solos fazem lembrar a Terra Roxa Estruturada, caracterizada em diversas regiões do Brasil. Diferem destas, no que diz respeito, principalmente, quanto às características de cor. Enquanto que, as Terras Roxas Estruturadas possuem cores nos matizes em torno de 2,5YR a 10R, os solos da região de Poços de Caldas apresentam cores no horizonte B, nos matizes 5YR a 10YR.

O estudo referente à caracterização e gênese dos solos, torna-se essencial no que se refere, respectivamente, ao conhecimento da composição mineralógica e a alteração e trans

formação que o material de origem dos mesmos sofreu. Tais informações permitirão o estabelecimento de relações úteis referentes ao comportamento físico e químico dos solos, bem como, fornecerá subsídios para classificação e levantamento mais detalhados, informações estas imprescindíveis ao aproveitamento racional destes solos para a agricultura e pecuária.

Esta pesquisa reveste-se de particular interesse, porque os solos a serem estudados são semelhantes a outros, desenvolvidos de rochas do derrame basáltico no Sul do Brasil, permitindo assim, que seja feita uma correlação entre os mesmos. Além disso, as informações detalhadas de suas propriedades e a distribuição na paisagem, também, fornecerá subsídios à complementação do Levantamento de Solos na região compreendida pelo sul de Minas Gerais, realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS/EMBRAPA. Os objetivos deste trabalho são:

- a. caracterizar a morfologia e as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos;
- b. relacionar os solos na paisagem, inclusive sua pedogênese;
- c. correlacionar as propriedades das Terras Brunas Estruturadas e os Latossolos Brunos com os solos de outras regiões do Brasil;
- d. classificar os solos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características dos solos

Na maioria dos levantamentos de solos até então efetuados, foram estudados principalmente características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no Brasil. A seguir serão apresentadas características distintivas das principais classes de solos encontrados na área de estudo, como: Latossolo Bruno, Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Bruna Estruturada, Cambissolo, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada.

Os Latossolos caracterizam-se por serem altamente intemperizados, ter baixa reserva de minerais intemperizáveis, uma baixa capacidade de retenção de cátions e horizontes com diferença pouco evidente. São solos profundos, com horizonte B latossólico, de textura média, argilosa e muito argilosa, com presença ou não de concreções e/ou nódulos lateríticos ao longo do perfil. São bem a excessivamente drenados, porosos, friáveis a muito friáveis, com estrutura granular muito pequena a pequena e média bloco subangular. O incremento de argila do horizonte A para o horizonte B é gradativo, não demonstrando evidência de acúmulo de argila.

Normalmente são de fertilidade natural baixa, contudo, podem ser encontrados eutróficos, distróficos e álicos; com cargas variáveis dependentes de pH, ácidos a muito ácidos. A argila é de baixa atividade com capacidade de troca de cátions menor que 13 me/100 g de argila após correção para carbono. A relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) é normalmente baixa, com valores variando de 0,4 a 2,0, evidenciando o elevado grau de intemperização dos materiais destes solos. Os materiais óxicos nos latossolos são constituídos principalmente de minerais secundários de argila do tipo 1:1 (caulinita), óxidos de ferro e alumínio (goethita, hematita e gibbsita) e quartzo e, em pequenas proporções mica, óxidos de titânio (anastasio e rutilo) e muscovita-vermiculita.

Os Latossolos apresentam coloração variando de bruno a vermelho escuro nos matizes 10YR a 10R, cujas cores do horizonte B relacionadas aos teores de óxidos de ferro totais (Fe_2O_3 do ataque sulfúrico) contidos nos solos são considerados no estabelecimento das seguintes classes: Latossolo Bruno, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Roxo (BENNEMA e CAMARGO, 1964). As classes de Latossolos que ocorrem na área do maciço alcalino de Poços de Caldas são principalmente o Latossolo Bruno e o Latossolo Vermelho Amarelo.

Os Latossolos Brunos desenvolvidos de rochas do derrame basáltico no sul do Brasil (BRASIL, 1973; POTTER, 1977; LIMA, 1979; EMBRAPA, 1980a e b), caracterizam-se por serem ácidos, medianamente profundos a profundos e bem a moderadamente drenados. A coloração do horizonte B destes solos varia de bruno escuro a vermelho amarelado, nos matizes 5YR a 10YR. O horizonte A é bastante espesso com elevado teor de matéria orgânica. Estes solos são normalmente muito argilosos, com estrutura fracamente desenvolvida em bloco subangular e/ou granu

lar e presença de cerosidade fraca e pouca. A capacidade de troca de cátions encontra-se entre 5,6 a 21,5 me/100 g de solo, com os valores mais elevados no horizonte A devido aos altos teores de matéria orgânica.

Possuem teores relativamente altos de óxidos de ferro e titânio variando normalmente de 15 a 20 % e de 2,6 a 5,7 %, respectivamente. Os valores da relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) estão em torno de 1,7 a 2,13 (BRASIL, 1973; POTTER, 1977; LIMA, 1979; EMBRAPA, 1980a e b) evidenciando a dominância nesses solos de minerais de argila do tipo 1:1.

Os Latossolos Vermelhos Amarelos caracterizam-se principalmente pela coloração amarelo avermelhado a vermelho amarelado, compreendidas nos matizes 7,5YR e 5YR, com teores de óxidos de ferro total (Fe_2O_3 - ataque sulfúrico) normalmente inferiores a 9 %; desenvolvidos geralmente de material retrabalhado proveniente dos mais diversos tipos de rochas. São em geral muito profundos, de textura média a muito argilosa, com estrutura fraca pequena granular a moderada muito pequena a pequena bloco subangular, friáveis e muito porosos. Normalmente são distróficos e álicos, contudo são encontrados os tipos eutróficos, com soma de bases e capacidade de troca de cátions baixas.

Os Latossolos Roxos são desenvolvidos de material proveniente de rochas básicas, são ácidos, muito profundos, bem drenados, possuindo teores elevados de óxidos de ferro (ataque sulfúrico) normalmente superiores a 20 %. A coloração é vermelha escura nos matizes 2,5YR a 10R. Normalmente são eutróficos, mas podem ser distróficos, de textura argilosa, com estrutura muito pequena granular, muito friáveis e muito porosos.

As Terras Roxas Estruturadas são solos desenvolvidos de material oriundo de rochas básicas, com horizonte B textural, apresentando diferença textural não significativa entre os horizontes A e B. São profundos, de coloração vermelha a vermelha escura nos matizes 2,5YR a 10R, com altos teores de óxidos de ferro, manganês e titânio, e argila de atividade baixa. São normalmente eutróficas, mas ocorre a variação distrófica, e talvez a variação álica. As Terras Roxas Estruturadas desenvolvidas de outros tipos de rochas apresentam coloração vermelha escura de menor intensidade e são denominadas de Terra Roxa Estruturada Similar.

As Terras Brunas Estruturadas identificadas no sul do Brasil (EMBRAPA, 1980a e b) compreendem solos minerais, com horizonte B textural e argila de atividade baixa, com teores altos de óxidos de ferro e titânio, desenvolvidos de materiais procedentes de rochas do derrame do Trapp, no sul do Brasil. São de coloração brunada, profundos a medianamente profundos, bem drenados, com incremento gradativo de argila do horizonte A para o B, resultando num baixo gradiente textural. São semelhantes à Terra Roxa Estruturada, diferindo desta quanto à coloração bruna do horizonte B, menos espessura do solum e menor grau de desenvolvimento de estrutura e de cerosidade.

Os Cambissolos são intimamente relacionados ao caracter do material de origem, com horizonte B incipiente ou câmbico, pouco profundos com presença ou não de materiais facilmente intemperizáveis, saturação de bases e de alumínio alta ou baixa, argila de atividade alta ou baixa, com capacidade de troca de cátions (T) maior que 12 me/100 g de argila após correção para carbono, fortemente a medianamente ácidos, bem a moderadamente drenados. Diferenciam-se dos solos com B textural, por não apresentarem, cerosidade, acumulação signi-

ficativa de óxidos, humus e argila no horizonte subsuperficial; e dos Latossolos pela pouca profundidade, presença de minerais facilmente intemperizáveis e pela atividade de argila.

Outros solos que podem ser destacados, são os intermediários entre duas classes de solos, no caso, os Latossolos câmbicos onde há dominância de características diagnósticas dos Latossolos e os Cambissolos latossólicos onde predomina as características dos Cambissolos. Além destes, podem ocorrer os Podzólicos Vermelhos Amarelos que se apresentam nas variedades eutróficas e distróficas de textura média ou argilosa, ácidos a muito ácidos, com B textural e argila de atividade alta ou baixa. Os Litossolos são pouco desenvolvidos, rasos, com horizonte A de coloração normalmente preta. Os solos Hidromórficos caracterizam-se pela influência da água, pela oscilação do lençol freático condicionado pelo relevo e drenagem, evidenciado pelo acúmulo superficial de matéria orgânica e também pela presença de cores cinzas, resultante do processo de redução que caracteriza a gleização nesses solos.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias e variações de algumas propriedades dos Cambissolo, Latossolo Bruno, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada, para efeito de correlação e comparação com os dados obtidos dos solos aqui estudados, com a finalidade de classificá-los de acordo com os sistemas brasileiro e americano de classificação de solos.

2.2. Características de cargas

As propriedades de troca de íons são influenciadas pelas cargas elétricas dos colóides dos solos, as quais são de vital importância ao manejo e utilização adequada dos solos

Tabela 1 - Médias e variações de algumas propriedades de Cambissolo , Latossolo Bruno, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada.

Características	Horizonte	Cambissolo				Latossolo Bruno			
		Média + IC ^{2/}	Desvio padrão s	Coef. variação C V %		Média + IC	Desvio padrão s	Coef. variação C V %	
PH - H ₂ O	A	4,6 ⁺	0,27	4,4		4,5 ⁺	0,33	8,2	
	B2	4,9 ⁻	0,48	8,1		4,8 ⁻	0,36	9,0	
S ^{3/}	A	1,23 ⁺	0,67	11,2		1,80 ⁺	0,63	10,5	
	B2	0,73 ⁻	0,43	7,2		0,70 ⁻	0,44	11,0	
Al ^{+++ 3/}	A	3,79 ⁺	1,73	28,8		4,75 ⁺	0,73	18,2	
	B2	2,68 ⁻	1,99	31,6		4,05 ⁻	1,86	46,5	
CTC ^{3/}	A	13,08 ⁺	5,65	94,2		17,5 ⁺	0,83	10,7	
	B2	6,53 ⁻	2,61	43,6		8,6 ⁻	2,4	61,0	
V (%)	A	10 ⁺	5,44	90,7		10 ⁺	6	153 ?	
	B2	11 ⁻	4,13	68,8		7 ⁻	4	107,0	
Carbono (%)	A	2,32 ⁺	0,84	107,6		2,95 ⁺	0,52	13,0	
	B2	0,66 ⁻	0,28	62,8		0,66 ⁻	0,07	1,7	
Ki	A	1,94 ⁺	0,23	14,0		1,97 ⁺	0,12	3,0	
	B2	1,88 ⁻	0,24	4,7		1,92 ⁻	0,11	2,7	
Fe ₂ O ₃ (%)	A	8,59 ⁺	2,28	38,0		16,92 ⁺	3,15	78,7	
	B2	9,24 ⁻	1,90	31,7		18,2 ⁻	4,41	110,2	
Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	A	3,32 ⁺	0,23	11,5		1,80 ⁺	0,28	7,0	
	B2	3,54 ⁻	0,24	7,8		2,15 ⁻	0,83	20,7	
Argila (%)	A	50 ⁺	5,38	107,6		64 ⁺	7	175	
	B2	53 ⁻	4,27	71,2		74 ⁻	5	133	
Silte/ Argila	A	0,60 ⁺	0,21	3,6		0,39 ⁺	0,12	3,1	
	B2	0,54 ⁻	0,25	4,3		0,27 ⁻	0,04	1,1	

Continua

Tabela 1 - Continuação.

Caracte- rísticas	Hori- zon- te	Latossolo Vermelho Amarelo				Latossolo Roxo			
		Média + IC	Desvio padrão	Coef. variação	C V %	Média + IC	Desvio padrão	Coef. variação	C V %
			S				S		
pH - H ₂ O	A	4,5	0,37	5,3		5,0	0,27	2,7	
	B2	5,1	0,58	8,3		5,4	0,53	5,3	
S 3/	A	1,06	0,73	11,3		3,64	2,45	24,5	
	B2	0,49	0,20	2,9		1,18	0,97	9,7	
Al ⁺⁺⁺ 3/	A	1,20	0,76	18,9		1,89	1,46	18,2	
	B2	0,35	0,18	4,5		1,74	1,10	13,7	
CTC 3/	A	7,0	2,12	30,3		9,89	3,77	37,7	
	B2	3,1	0,73	11,3		5,18	2,60	26,0	
V (%)	A	14	8	114		30	14,29	14,3	
	B2	16	6	95		22	12,11	12,1	
Carbono (%)	A	1,49	0,37	5,2		1,52	0,51	5,1	
	B2	0,37	0,06	0,8		0,47	0,09	0,9	
Ki	A	1,49	0,28	4,0		1,60	0,59	5,9	
	B2	1,40	0,26	4,0		1,54	0,60	6,0	
Fe ₂ O ₃ (%)	A	5,94	1,53	21,8		26,32	4,18	41,8	
	B2	7,23	1,38	19,8		25,99	4,49	44,9	
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	A	5,02	0,99	14,1		1,46	0,33	3,3	
	B2	5,30	1,09	15,5		1,65	0,49	4,9	
Argila (%)	A	44	9	124,9		67	9	90	
	B2	54	7	94,4		70	13	133	
Silte/Argila	A	0,22	0,09	1,3		0,26	0,07	0,7	
	B2	0,18	0,04	0,6		0,26	0,15	1,5	

Continua

Tabela 1 - Continuação.

Características	Horizonte ^{1/}	Terra Roxa Estruturada		
		Média + IC ^{2/}	Desvio padrão s	Coef. variação C V %
pH - H ₂ O	A	6,2	0,49	7,8
	B2	5,8	0,35	5,5
S ^{3/}	A	14,33	4,67	75,9
	B2	8,58	3,98	63,2
Al ⁺⁺⁺ 3/	A	-	-	-
	B2	-	-	-
CTC 3/	A	20,3	9,19	145,9
	B2	12,8	6,62	105
V (%)	A	80	10	144
	B2	75	6	98
Carbono (%)	A	1,97	0,42	6,7
	B2	0,60	0,15	2,4
K _i	A	2,06	0,26	4,2
	B2	1,91	0,26	4,2
Fe ₂ O ₃ (%)	A	28,13	4,02	63,8
	B2	24,73	1,25	19,9
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	A	0,91	0,27	4,3
	B2	1,47	0,15	2,4
Argila (%)	A	61	6	107
	B2	75	3	44,8
Silte/argila	A	0,41	0,15	2,3
	B2	0,47	0,56	9,2

1/ Corresponde à média dos horizontes A e dos horizontes B2.

2/ Representa a média $\pm$ intervalo de confiança (IC); a 95 %; calculado pela fórmula:
IC = $t \cdot 0,05 \cdot s/\sqrt{n}$.

3/ Resultados em me/100 g de solo.

tropicais para propósitos agrícolas. Os solos dos trópicos úmidos são caracterizados pelos sistemas de cargas variáveis - potencial de superfície constante (VAN RAIJ e PEECH, 1972 ; MORAIS et alii, 1976). Em tais sistemas, o potencial de superfície permanece constante e a carga da superfície varia com as mudanças na concentração eletrolítica e na atividade dos íons H^+ e OH^- , determinantes de potencial (VAN OLPHEN, 1963).

Nos solos tropicais altamente intemperizados há predominância de caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al na fração argila. Contrastando com os argilo minerais smectitas e vermiculitas, estes minerais normalmente não possuem nenhuma quantidade apreciável de cargas negativas permanente. A magnitude da carga de superfície de óxidos minerais não depende somente do pH, mas também da natureza e concentração dos eletrolitos na solução do solo (GALLEZ et alii, 1976).

Os colóides dos solos das regiões temperadas ou solos com mineralogia 2:1, geralmente apresentam superfícies de carga permanentes (constantes), enquanto que aqueles das regiões tropicais normalmente têm cargas de superfície variáveis (potencial de superfície constante) (VAN RAIJ e PEECH, 1972) . Os óxidos e hidróxidos de Fe, Al, Ti e Mn, bem como, o quartzo, sílica amorfa e caulinita são minerais de carga superficial variável (UEHARA e KENG, 1975).

PARKS e BRUYN (1972) admitiram dois tipos de dupla camada elétrica em base no mecanismo pelo qual as cargas livres são distribuídas através a interface solução-sólido, sendo (i) uma dupla camada reversível que existe na superfície produzindo cargas variáveis, e (ii) uma dupla camada completamente polarizada que ocorre nas superfícies possuindo cargas per^{ma}nentes. O sistema de cargas variáveis aplica-se principal -

mente aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, enquanto que o sistema de carga permanente é aplicado aos minerais silicatados, tais como, as smectitas e vermiculitas, as quais possuem superfície de cargas negativa permanente devido a substituição isomórfica (VAN RAIJ e PEECH, 1972; KENG e UEHARA, 1974).

A principal referência usada para descrever o sistema de cargas variáveis é o ponto de carga zero (PCZ). O PCZ é definido como o pH no qual a carga líquida de superfície de todas as fontes é zero (PARKS e BRUYN, 1962).

VAN RAIJ e PEECH (1972) reportando curvas de pH de carga de superfície de alguns alfissolos e oxissolos (do Brasil) concluíram que o comportamento dos solos estudados foi similar àqueles mostrados por muitos óxidos metálicos. MORAIS et alii (1976) estudando a distribuição de cargas elétricas em oxissolos, ultissolos e alfissolos (do Brasil) constataram que o comportamento eletroquímico destes foi similar ao sistema de cargas variáveis, sendo os íons H^+ e OH^- determinantes de potencial na solução de equilíbrio, com variação na distribuição de cargas com o pH e concentração eletrolítica.

VAN RAIJ e PEECH (1972) observaram que os valores de PCZ variavam nos solos de pH 1,9 a 3,6 para o horizonte A e de pH 2,7 a 6,0 para o horizonte B. MORAIS et alii (1976) constataram que o PCZ dos solos variou de 1,2 a 3,4 nos horizontes A e de 4,0 a 6,1 nos horizontes B. A diferença marcante entre os horizontes de cada solo, com mineralogia semelhante, deve ser atribuída ao elevado teor de matéria orgânica do horizonte A quando comparado ao horizonte B correspondente (VAN RAIJ e PEECH, 1972; MORAIS et alii, 1976). KENG e UEHARA (1974) estudando alguns oxissolos e ultissolos do Hawai, observaram que o PCZ desses solos variaram de 4 a 6, com o PCZ dos oxissolos sendo mais altos que nos ultissolos.

GALLEZ et alii (1976) observaram que solos da Nigéria também apresentam curvas de pH de superfície de carga semelhante aos óxidos metálicos, indicando que o comportamento dos solos segue o sistema de cargas variáveis. Os valores de PCZ variaram de 3,0 a 3,9 para alfissolos e ultissolos, com valores de PCZ geralmente mais altos nos horizontes sub-superficiais.

Normalmente, o PCZ decresce com uma elevação no conteúdo de matéria orgânica e de minerais tendo substituição isomórfica elevada e aumenta com a quantidade de óxidos de Fe e Al presentes, porque estes materiais adquirem mais cargas positivas em pH baixo (PARFITT, 1980). De modo que GALLEZ et alii (1976) constataram que o PCZ do solo reflete o seu grau de intemperismo químico ou grau de dessilicatização, assim como, as características de cargas de óxidos de Fe e Al no solo, na seguinte ordem alfissolos < ultissolos < oxissolos com valores médios de pH de 3,4; 4,0 e 5,0, respectivamente.

Considerando os resultados obtidos por VAN RAIJ e PEECH (1972); KENG e UEHARA (1974); MORAIS et alii (1976) e GALLEZ et alii (1976); torna-se evidente que os solos tropicais (alfissolos e ultissolos de argila de atividade baixa e oxissolos) normalmente apresentam cargas variáveis dependente de pH, assim como, alguma carga negativa permanente.

Os solos com grande quantidade de cargas variáveis, como os oxissolos e outros solos tropicais fortemente lixiviados, precisam ser manejados diferentemente dos solos com superfície de carga constante. Isto se deve porque os solos com cargas variáveis apresentam propriedades físicas e químicas diferentes daqueles com carga permanente (PARFITT, 1980).

As teorias sobre os mecanismos de adsorção e fenômenos de cargas em solos de cargas variáveis são apresentados, na revisão sobre este assunto por BOWDEN et alii (1980).

2.3. Mineralogia

2.3.1. Mineralogia de argila

Os estudos de mineralogia do solo reveste-se de grande importância, não só para a caracterização do solo, como também, nas relações entre seus componentes e o meio ambiente visando caracterizar os processos pedogenéticos e as sequências de alteração dos minerais em formação do solo. O conhecimento dos minerais da fração argila é indispensável aos estudos de gênese dos solos e importante na classificação e ao uso agrícola. Os argilo minerais são resultantes da ação reativa dos materiais primários às energias do meio durante um determinado tempo (KELLER, 1970). Os minerais de argila encontrados nos solos podem ser ou herdados do material de origem ou resultantes da alteração direta dos minerais primários ou ser sintetizados durante o desenvolvimento do perfil do solo.

A composição mineralógica da fração argila dos Latossolos compreende em geral os seguintes minerais: caulinita, gibbsita, materiais amorfos, óxidos de ferro livre, vermiculita, clorita, mica e quartzo (JUNGERIUS e LEVELT, 1964; MONIZ e JACKSON, 1967; MOURA FILHO e BUOL, 1972; LE ROUX, 1973; WEAVER, 1974; LEPSCH et alii, 1977; RODRIGUES, 1977; POTTER, 1977; DEMATTÊ, 1975; KAMPF e KLAMT, 1978 e LIMA, 1979). KAMPF e KLAMT (1978), LIMA (1979) e POTTER (1977) encontraram também minerais 2:1 em estágio avançado de cloritização, cristobalita e feldspatos plagioclásios. MOURA FILHO e BUOL (1972), WEAVER (1974) e RODRIGUES (1977) constatarem ainda a presença

de óxidos de titânio e minerais de argila do tipo 2:2. A existência de feldspatos na fração argila mostra um grau pouco intenso de intemperização ou adição de material primário a solos velhos, enquanto que os óxidos de titânio indicam um grau avançado de alteração (JACKSON e SHERMAN, 1953).

Na fração argila de alguns Latossolos há dominância da caulinita e em outros da gibbsita. Os teores elevados de gibbsita nesses solos estão relacionados à alteração de minerais primários e caulinita à gibbsita (GALHEGO e ESPINDOLA, 1976) e resultante da síntese de caulinita e materiais amorfos concomitante com a alteração desses minerais em gibbsita (MONIZ e JACKSON, 1967 e MONIZ e OLIVEIRA, 1974).

Nos estudos mineralógicos conduzidos em solos Terra Roxa Estruturada foi constatado que na fração argila desses solos os principais minerais encontrados são: caulinita, material amorfos, gibbsita, mica, vermiculita e óxidos de ferro (MONIZ e JACKSON, 1967; MONIZ e OLIVEIRA, 1974; ANDRADE et alii, 1976 e ALOISI et alii, 1976). MONIZ e OLIVEIRA (1974) e ANDRADE et alii (1976) constatarem também a presença de montmorilonita. MONIZ e OLIVEIRA (1974), considerando a gibbsita como mineral índice para avaliação da intensidade de intemperismo, constatarem que as Terras Roxas Estruturadas estariam em estágio menos intemperizados que os Latossolos, devido conterem teores mais baixos em gibbsita.

MONIZ e JACKSON (1967) consideram que a sequência de intemperismo para estes últimos solos seria feldspatos → mica → caulinita e material amorfos (alofana) → gibbsita, parecendo ser uma tendência geral para solos tropicais (JACKSON et alii, 1948).

A presença de mica nesses solos, segundo MONIZ e JACKSON (1967), deve-se a alteração de feldspato que é controlada pela quantidade de K disponível no material primário. A mica poderia sofrer intemperismo alterando-se a caulinita pela liberação de K (BATES, 1960). A alteração de feldspatos em mica foi observada em seções finas de rochas básicas por MELFI e GIRARDI (1962).

A composição mineralógica da fração argila de Cambissolos compreende os seguintes minerais: caulinita, materiais amorfos (alofana), gibbsita, mica, vermiculita, clorita e óxidos de ferro (MONIZ e OLIVEIRA, 1974; POTTER, 1977; DECHEN, 1979 e LIMA, 1979). Foi encontrado também montmorilonita (MONIZ e OLIVEIRA, 1974); quartzo (POTTER, 1977; DECHEN, 1979 e LIMA, 1979) e a presença em pequenas quantidades de cristobalita e feldspatos (LIMA, 1979).

A presença de argilo-minerais 2:1 cloritizados, em solos altamente intemperizados, têm sido constatada em quantidades apreciáveis (DE VILLIERS e JACKSON, 1967; LE ROUX, 1973; RODRIGUES, 1977; POTTER, 1977 e MOLLER e KLAMT, 1982). Segundo LE ROUX (1973) a aluminação das entre-camadas dos minerais 2:1 reduz a capacidade de troca e confere uma maior estabilidade em meio ácido, cuja presença nos oxissolos (latossolos) é prevista na Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS - SOIL TAXONOMY, 1975). A origem dos minerais cloritizados pode ocorrer pela degradação de cloritas ou pela cloritização de vermiculitas e montmorilonitas, de maneira que em solos ácidos e bem drenados há possibilidade da precipitação de polímeros de alumínio nos espaços interlaminares dos filossilicatos (MOLLER e KLAMT, 1982).

Nos Latossolos normalmente não são encontradas vermiculitas e montmorilonitas, uma vez que as condições de equilíbrio nesses solos não favorecem a estabilidade das mesmas, conforme demonstrou KITTRICK (1969). Enquanto que, a presença de vermiculita e montmorilonita nos Cambissolos e Terras Roxas Estruturadas, refletem as condições de equilíbrio favoráveis à estabilidade destes minerais, pela existência de um teor mais elevado de cátions e silício na solução do solo. A ocorrência destes minerais de argila em solos tropicais submetidos ao processo de dessilicatização gradual e intensiva (JACKSON e SHERMAN, 1953) podem representar uma fase intermediária na alteração da mica, em caulinita, e posteriormente gibbsita, desde que pequenas quantidades de vermiculita e montmorilonita sejam encontradas nesses solos. A explicação para existência nesses solos de vermiculita e montmorilonita, seria a manutenção do alto teor de silício na solução do solo, pela presença do quartzo, que parece funcionar como fonte de silício (GORDERT et alii, 1976).

MONIZ (1969) estudando a composição mineralógica de argilas do maciço alcalino de Poços de Caldas, encontrou mica, caulinita, gibbsita e também halloisita, estabelecendo a seguinte sequência de intemperismo para as rochas alcalinas: rochas alcalinas (feldspato) → mica → caulinita e material amorfos → gibbsita. A alteração do feldspato em mica é controlada pelo conteúdo de K_2O do material primário, no caso de rochas alcalinas (cerca de 7% de K_2O) irá formar um alto conteúdo de mica secundária. O mesmo autor também atribui a formação de caulinita e gibbsita pela alteração direta do feldspato, assim como, a ressilicatização da gibbsita para formar caulinita.

ANTONELLO (1982) estudando solos do maciço alcalino de Itatiaia, constatou que a fração argila era constituída de caulinita, gibbsita, vermiculita, mica, haloisita e óxidos de ferro (goethita). Também observou que a gibbsitização dos minerais primários deu-se de maneira direta e indireta.

tamente, do mineral original por uma fase de material amorfo ou de caulinita a gibbsita, respectivamente.

2.3.2. Óxidos de ferro

Os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio nas formas cristalinas e amorfas, e na forma de complexos orgânicos, estão entre os principais componentes dos solos tropicais. Os óxidos de ferro estão normalmente dispersados através da massa do solo na forma de partículas finamente dividida e possivelmente como revestimento de superfícies de outros minerais de argila.

A distribuição no perfil das diversas formas de Fe e Al têm sido utilizada como critério na interpretação dos processos de formação do solo e na definição de grandes grupos e/ou classes de solos (McKEAGUE e DAY, 1966; McKEAGUE, 1967; BLUME e SCHWERTMANN, 1969; McKEAGUE et alii, 1971). Os óxidos de ferro nos solos são normalmente estimados através de métodos analíticos: o método de oxalato de amônio ácido, proposto por McKEAGUE e DAY (1966) que é presumível remover os óxidos de ferro amorfos ao raios-X e os complexos orgânicos e somente pequena parte dos óxidos cristalinos; o método do citrato-bicarbonato-ditionito de sódio recomendado por MEHRA e JACKSON (1960) que remove os óxidos de ferro cristalinos, além disso, as frações extraídas pelo oxalato de amônio (McKEAGUE e DAY, 1966 e McKEAGUE et alii, 1971).

A diferença entre os valores de óxidos de ferro obtidos pelos dois métodos representa a quantidade de ferro presente na forma de óxidos cristalinos. A relação Fe (Fe-oxalato/Fe-ditionito) ativo tem sido utilizada para demonstrar a presença de óxidos de ferro cristalinos nos solos,

uma vez que a relação Fe ativo decresce com o aumento da idade do solo (ALEXANDER, 1974).

A ocorrência natural de óxidos de ferro, geralmente contendo algum Al, evidencia a substituição de Fe por Al na estrutura de goethita e hematita (NORRISH e TAYLOR, 1961 ; JANOT e GIBERT, 1970; DAVEY et alii, 1975). A substituição do Al é reportada causar redução no tamanho de partículas, como também, nas dimensões da célula unitária da goethita e hematita (NORRISH e TAYLOR, 1961).

BIGHAN et alii (1978a) observaram que a goethita em oxissolos é altamente substituída, com conteúdos de Al estrutural em torno de 30 a 40 moles por cento, enquanto que em ultissolos constataram que a goethita é menos substituída, com conteúdo de Al em torno de 14 a 28 moles por cento.

MONIZ et alii (1982) estudando solos de duas topossequências baseados nos teores de óxidos de ferro extraídos com oxalato- NH_4 e ditionito (CBD) constataram que a substituição de Al nos óxidos cristalinos dos solos da topossequência de Itatiba foi da ordem de 10 a 30 moles por cento, enquanto que nos solos da topossequência de Mogi-Guaçu alcançou 27 a 46 moles por cento, sendo portanto mais elevados que os observados para Itatiba e os reportados por BIGHAN et alii (1978a) e FITZPATRICK e SHWERTMANN (1982).

A presença de óxidos de ferro nos solos constituídos de goethita e hematita, contendo quantidades elevadas de Al estrutural, além de decrescer o tamanho de partículas dos óxidos de ferro, também aumenta sua estabilidade e área superficial específica, indo influir nas propriedades, tais

como, dissolução e estabilidade de agregados (JANOT e GIBERT, 1970; BIGHAN et alii, 1978a e POMBO et alii, 1982).

FITZPATRICK e SHWERTMANN (1982) relatam que o grau de substituição de Al e a cristalinidade da goethita podem refletir o meio ambiente no qual elas foram formadas e serviriam como indicador dos processos de formação do solo. Consideram que a alta substituição de Al em goethita, em solos fortemente ácidos (acima de 32 moles %) seria devido ao alto grau de intemperismo, que cria uma alta disponibilidade de Al. As goethitas formadas sob condições hidromórficas e mesotróficas (solos fracamente ácidos) apresentam substituição de Al mais baixas (0-15 moles %) do que aquelas sob condições não hidromórficas, fortemente intemperizados e mais ácidos (15-32 moles %). A razão para esta tendência seria o aumento de atividade do Al quando o pH decresce, e, conseqüentemente, o aumento na disponibilidade de Al a ser incorporado na estrutura da goethita a ser formada.

TORRENT et alii (1980) estudando a mineralogia do ferro de alguns solos na Espanha, concluíram que a substituição de Al na goethita calculada de difratogramas de raios-X, aumentou com a idade do solo, refletindo no aumento da acidez dos solos.

ASHAYE (1969) estudando solos da Nigéria concluiu que a quantidade e natureza das várias formas de óxidos de Fe e Al e complexos orgânicos de Fe e Al podem influenciar consideravelmente as propriedades físicas e químicas dos solos.

As propriedades dos solos referentes a sorção de ânions, superfície de troca, superfície específica, expan-

são e formação de agregados podem ser grandemente modificadas pela presença de Óxidos de Fe e Al amorfos (ACRA e WEED, 1966; DESHPAND et alii, 1968 e GREENLAND et alii, 1968). SHERMAN et alii (1964) observaram que os Óxidos amorfos submetidos a secagem em temperatura elevada sofreram desidratação e subsequente mudança para um sistema de maior cristalinidade. Constataram também a evidência que a perda de materiais amorfos nos solos tropicais, resultante da desidratação e cristalização, resultaram em mudanças significativas em certas propriedades físicas e químicas do solo, tais como, decréscimo na capacidade de troca de cátions e aumento de densidades.

Os Óxidos de ferro devido à sua quantidade, sua diversidade de tipo e graus de cristalinidade e pela considerável influência nas propriedades físicas e químicas dos solos, tem sido utilizados na diferenciação de classes de solos, como é o caso do teor de Óxidos de ferro extraídos com H_2SO_4 $d = 1,47$, na distinção de latossolos (BENNEMA e CAMARGO, 1964). O uso do teor total de Óxidos de ferro extraídos com H_2SO_4 $d = 1,47$ como característica diagnóstica principal na distinção de classes de solos, não deveria ser recomendado, tendo em vista que o teor total de ferro no solo, não explica os processos pedogenéticos de formação do solo, assim como, a mineralogia do ferro.

KAMPF e SCHWERTMANN (1983) estudando relações entre Óxidos de ferro e a cor do solo, concluíram que a cor do solo é determinada pelo tipo de Óxido de ferro e principalmente pela concentração de hematita presente. RESENDE (1976) constatou que a cor de um oxissolo amarelo foi alterada de 10YR para 5YR, quando misturado com somente 1 % por peso de hematita finamente pulverizada. Da mesma maneira DAVEY et alii (1975) reportaram que o Óxido de ferro dominante em alguns solos podzólicos vermelhos e amarelos típicos da Austrália é goethita

aluminosa. Os solos vermelhos também continham hematita finamente dividida, a qual efetivamente mascara a cor da goethita.

BIGHAN et alii (1978b) estudando ultissolos da Carolina do Norte e oxissolos do Brasil, com a finalidade de determinar como as cores desses materiais foram influenciados pela natureza e distribuição dos óxidos de ferro constituintes, constataram que os óxidos de ferro estavam concentrados na fração argila, e que as cores destas argilas foram as mesmas ou similares a aquelas dos solos. A goethita ou mistura de goethita e hematita foram identificadas em todas as argilas, entretanto, as análises indicaram que os membros vermelhos de todas as amostras pares continham maiores proporções de hematita do que suas contrapartidas amarelas. Além disso, quando as argilas tornaram-se mais vermelhas em matiz, a relação de hematita/goethita geralmente aumentava. As argilas amarelas foram também mais eficientes absorvedores de fosfato por unidade de peso que suas contrapartidas vermelhas. Os valores de superfície específica nas argilas amarelas foram consistentemente mais altos do que aqueles de suas contrapartidas vermelhas (nos materiais vermelhos).

Através de dados acumulados de hematita e goethita sintéticas SCHWERTMANN e TAYLOR (1977) defenderam que as variações na quantidade de ânions e/ou cátions adsorvidos especificamente por estes óxidos, foram originados principalmente das diferenças na superfície específica, do que, das diferenças composicional ou estrutural.

VOLKOFF (1978) estudando os produtos ferruginosos que determinam a cor dos latossolos, constatou que a cor amarela está diretamente associada à presença de goethita, independente da quantidade, enquanto que a cor vermelha refere-se à presença de hematita, principalmente quando esta se en-

contra sob a forma de cristais muito pequenos ou imperfeitamente formados. E que a cor dos latossolos depende diretamente da natureza e da cristalinidade dos produtos ferruginosos e não das quantidades de óxidos de ferro. De maneira que o teor de óxidos de ferro total ou ferro livre de um solo não deve ser usado como critério único na distinção de classes de solos através da cor, tendo em vista que solos de cores amarelas podem apresentar teores bastante elevados de óxidos de ferro e os de cores vermelhas nem sempre contêm os teores mais elevados em óxidos de ferro.

A presença de goethita e de hematita em Latossolos Vermelhos Escuros e apenas goethitas nos vermelhos amarelos foram observadas também por WEAVER (1974) e RODRIGUES (1977).

SCHWERTMANN et alii (1982) atribuíram que solos com matizes 7,5-5YR ou mais vermelhos devem suas cores vermelhas principalmente à hematita, enquanto que solos com matizes 10YR ou mais amarelas usualmente contêm goethita e são livres de hematita. A distribuição geográfica de solos vermelhos (hematíticos) e solos bruno-amarelos (livres de hematitas) parece estar estreitamente relacionada ao clima, de maneira que aumentos de temperaturas aparentemente favorecem a formação de hematita pedogenética (rubification).

VOLKOFF e RIBEIRO (1979) constataram que latossolos vermelhos da Bahia apresentam caulinita associada com goethita e principalmente hematita. Nos solos podzólicos vermelhos observaram que o material de alteração contém minerais de argila 2:1 e goethita; e que a cor vermelha se desenvolve gradativamente, ao mesmo tempo que as smectitas desaparecem e se processa a transformação de goethita em hematita. Conclui

ram que um meio onde os cátions básicos são facilmente lixi - viados leva à formação de hematita e caulinita, enquanto que, em meio rico em bases favorece a formação de smectitas e goethitas.

Considerando que os latossolos apresentam duas cores fundamentais, uma vermelha e outra amarela, a suposição de que os solos vermelhos fossem mais ricos em ferro que os amarelos, nem sempre tem sido verificada. As correlações estabelecidas tanto na África (Maignien, 1958 citado por VOLKOFF, 1978), como no Brasil (BENNEMA, 1966) demonstram ser muito difícil estabelecer subdivisões de solos (latossolos e podzólicos) segundo o critério baseado na relação teor de Fe_2O_3 /cor (VOLKOFF, 1978).

Assim, as diferenças na mineralogia do ferro, como o refletido na cor do solo, é provavelmente um critério bastante significativo para separações não só taxonômica, como também, referente ao manejo dos principais solos tropicais altamente intemperizados.

2.4. Micromorfologia

A análise micromorfológica aplicada ao estudo de solos tem sido utilizada como meio adicional, digno de confiança, para elucidar problemas relacionados à gênese de solos (BREWER, 1976; ESWARAN, 1972), em estudos de identificação de camadas estratigráficas nos solos (BREWER, 1972a; FINKL Jr. e GILKES, 1976) e na identificação de feições características na matriz dos solos, relevantes para classificação, como é o caso do horizonte argílico da classificação americana (ESTADOS UNIDOS, 1975) e do horizonte B textural da classificação brasileira (BENNEMA e CAMARGO, 1966).

Os componentes básicos da matriz do solo, o plasma, o vazio e o esqueleto estão sujeitos a alterações, individualmente ou em combinações, de acordo com o desenvolvimento do intemperismo do solo indo originar as mais variadas características pedológicas. Destes compostos o plasma é o mais dinâmico, de maneira que constitui a fração coloidal do solo susceptível de mobilização. Como o plasma é influenciado direta e indiretamente pelos processos de formação do solo, conseqüentemente, este pode designar a evolução do solo como um todo (DEMATTE et alii, 1977).

ESWARAN (1972) estudou uma sequência de solos, objetivando avaliar as propriedades micromorfológicas e suas alterações subsequentes com a evolução dos solos. Relatou que o horizonte câmbico dos Inceptissolos evidenciou um desenvolvimento mais intenso da fábrica do plasma, e esta característica distinguiu-os dos outros solos. A presença de iluviação de argilas, de papulas é uma tendência evidente para fábrica do plasma aseptica, caracterizam os Ultissolos. A tendência da fábrica do plasma aseptica para isotica com cores vermelhas escuras, redução nos vazios e ausência de lithorelictos foram as feições características para Oxissolos.

DEMATTE et alii (1977) estudando feições micromorfológicas de uma topossequência de solos, constataram que na maioria dos solos a fábrica do plasma é isotica ou endulica, evidenciando um grau avançado de intemperismo. A fábrica do plasma está relacionado principalmente ao tipo e conteúdo do mineral de argila, e com o grau de cristalinidade dos óxidos de ferro e alumínio.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O planalto de Poços de Caldas está situado na borda ocidental da Serra da Mantiqueira e em contacto com os extremos orientais da bacia sedimentar do Paraná. Forma um conjunto morfo-estrutural considerado um domo, composto de rochas efusivas e intrusivas, enquadrado nas latitudes de 46 e 47°W (Greenwich) e nas latitudes de 21 e 22°S (Figura 1). Abrange uma área de aproximadamente 800 km², sendo uma das maiores ocorrências de rochas alcalinas no Brasil. Sua forma é ligeiramente elítica, com o eixo maior de 35 km, no sentido NE-SW e o menor com 30 km, no sentido NW-SE. A altitude interna é de 1.300 m, enquanto que, o anel circundante apresenta altitudes entre 1.500 a 1.700 metros

Foram escolhidas duas áreas testes no maciço alcalino de Poços de Caldas, com a finalidade de estudar os solos desenvolvidos do material de alteração de rochas alcalinas, sendo uma localizada a oeste, a aproximadamente 27 km de Poços de Caldas e a outra ao sul a aproximadamente 10 km de Andradas (Figura 2). A escolha destas duas áreas teve o objetivo de abranger, no estudo, solos com características morfoló-

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo: A - em relação ao Brasil. B - Em relação ao Estado de Minas Gerais.

gicas bem distintas existentes no maciço, e que não foi possível encontrá-los numa única área.

3.1. Geologia

O maciço alcalino de Poços de Caldas é constituído principalmente por rochas nefelina-tinguaitos e foiaitos, sendo que o interior do mesmo é ocupado por tufos, brechas, aglomerados e lavas ankaratriticas, todas anteriores à intrusão do dique anelar (ELLERT, 1959).

Segundo ELLERT (1959) as brechas são formadas por fragmentos angulosos de constituição gnaissica, arenítica, siltítica e quartzosa, fonolítica e tinguaitica, formando pacotes secundários sem variação litológica, apresentando duas origens: vulcânica e vulcânica com transporte posterior. As lavas ankaratriticas formam os aglomerados, de maneira que rochas vulcânicas são encontradas em quase todo o bordo interno, assentadas sobre sedimentos, ou intercaladas com tufos ou brechas, dirigindo-se para o interior do maciço.

São encontrados derrames de lavas fonolíticas na parte sul do maciço, capeando sedimentos, podendo estar, ainda, perturbadas por intrusões posteriores de tinguaito. Estas são quase sempre alteradas e quando frescas têm cor castanho escuro. Encontra-se normalmente muito fraturada e quando alterada a cor é branco amarelada (ELLERT, 1959).

As rochas efusivas e hipoabissais estão representadas por tinguaitos e fonolitos, que ocupam a maior parte do maciço, apresentando textura afanítica, porfirítica, saca-

róide ou granular e coloração verde escura. Os fonolitos apresentam coloração escura, granulação fina a vítrea, enquanto que os tinguaítos uma granulação mais grosseira, constituída de aegerina, ortoclásio, leucita, pseudoleucita, nefelina e raramente augita, microperita e apatita. Os minerais, acessórios são zircão, rutilo, magnetita, eucolita e eucialita, esfênio, ilmenita, pirita, quartzo, catapleita e lamprofilita e os secundários zeolitas, cancrinita ou natrolita e biotita (ELLERT, 1959; GORSKY e GORSKY, 1974).

As rochas plutônicas estão representadas pelos foiaítos, foiaítos traquitoides, lujaúritos e chibinitos. Os foiaítos exibem uma textura granular grosseira, constituídos de anortoclásio, ortoclásio, microperita, sanidina, plagioclásio, nefelina, aegerina, zircão, magnetita, ilmenita e apatita, e são intrusivos nos tinguaítos ou representa uma sequência de transição entre os tinguaítos (ELLERT, 1959).

A frequência de minerais que compõem os fonolitos e os tinguaítos apresentados por MONIZ (1969), é a seguinte: feldspatos alcalinos (44,8%); nefelina (20,9%); piroxênio sódico (16,8%); zeolitas (12,4%) e minerais de zircônio (3,3%). Na Tabela 2 são apresentados os resultados de análises químicas de dois tipos de rochas alcalinas de Poços de Caldas, pelos quais observa-se uma semelhança entre a composição do fonolito e do foiaito.

BARBOSA (1936) admitiu para o maciço de Poços de Caldas duas atividades do magma alcalino, sendo a primeira de natureza plutônica no pré-ordoviciano e a segunda vulcânica no fim do mesozóico. As rochas do maciço alcalino de Poços de Caldas estariam compreendidas nos seguintes períodos: Triássico e Cretáceo (?) (Figura 2).

Tabela 2 - Análise química de rochas alcalinas de Poços de Caldas MONIZ, 1969).

Rocha Composição	Fonolito %	Foiaito %
SiO_2	53,06	53,18
Al_2O_3	20,85	21,18
Fe_2O_3	4,47	3,39
FeO	0,79	0,76
MgO	0,61	1,60
CaO	1,29	1,01
Na_2O	7,18	7,34
K_2O	8,32	8,24
H_2O^+	1,67	1,44
H_2O^-	0,25	1,20
TiO	0,35	0,70
P_2O_5	0,10	1,10
BaO_2	0,20	0,18

Os solos estudados no maciço alcalino de Poços de Caldas, foram desenvolvidos de material de alteração provenientes de tinguaitos e fonolitos com presença de lentes de bostolitos na área I, e de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfibolitos na área II.

3.2. Vegetação

Na área do maciço alcalino de Poços de Caldas a cobertura vegetal está representada pela floresta subtropical subcaducifólia e pelos campos altimontanos.

Figura 2 - Mapa geológico do maciço alcalino de Poços de Caldas (segundo ELLER et alii, 1959).

A floresta subtropical subcaducifólia caracteriza-se pela presença de plantas decíduas, que perdem as folhas durante a estação seca.

A existência dessa floresta está ligada não somente ao clima mais ameno, mas, também a solos mais férteis, como os derivados de tufos vulcânicos. Apresenta três estratos, sendo um superior em torno de 20 a 30 metros de altura, de modo que quase todos os elementos perdem as folhas durante a estação seca: o segundo é constituído por espécies de 5 a 15 metros de altura e de folhas perenes e pouco denso e o extrato inferior arbustivo, com elementos alcançando cerca de 2 metros de altura (ALONSO, 1977).

A origem local desta floresta parece estar ligada às oscilações climáticas preteritas, quando a floresta do Brasil meridional avançava e recuava, restando manchas como formas releguias (ALONSO, 1977).

Dentre as espécies características encontradas nessa floresta segundo AZEVEDO (1962), citam-se as seguintes, dispostas nos três estratos: *Araucaria angustifolia* (pinheiro), *Podocarpus sellowii* (pinheirinho), *Nectandra* sp. (canela amarela), *Ocotea* sp. (canela branca), *Berberis lauruia*, *Schinus* sp., *Dicksonia sellowiana*, *Miconia* sp., *Cyperus* sp., *Cladium* sp., *Barreria bradei*, etc.

Os campos altimontanos caracterizam-se por uma cobertura herbácea, muitas vezes continua, no interior da qual pode aparecer arbustos isolados. Ocorre em altitudes acima de 1 000 metros, razão pela qual são comumente denominados de "campos de altitude".

Os campos do maciço alcalino de Poços de Caldas são encontrados em altitudes superiores a 1 600 metros sobre solos "sílico-argilosos" em clima caracterizado por temperaturas moderadamente baixas e chuvas distribuídas num período chuvoso de outubro a março e outro seco de abril a setembro (AZEVEDO, 1962). Dentre as espécies características podem ser citadas as seguintes: *Cladium eusifolium*, *Aristida* sp., *Paepalanthus polyanthus*, *Habernavia* sp., *Miconia* sp. e *Microlicia isophylla*.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1970), as condições climáticas atuais não são propícias para explicar o tipo de vegetação que ocorre no planalto de Poços de Caldas, tendo em vista serem adequadas para a existência generalizada de florestas. Em relação as diferenças na composição mineralógica das rochas, MONIZ (1969) observou que os tinguaítos, fonolitos e foiaítos apresentam composição semelhante e, a vegetação campo-matas ocorrem sobre afloramentos contínuos da mesma rocha. As variações paleoclimáticas seriam a causa mais provável para a existência desse tipo florístico.

A existência dessas oscilações podem ser baseadas no seguinte: a) presença de pavimentos detríticos constituídos por concreções, recobrando as vertentes atuais em diversos locais. O recobrimento concrecionário não apresenta gênese atual, sendo antigo, devido ser encontrado em várias partes soterrado por camadas argilosas colúviais, sem que o paleopavimento perca continuidade entre a parte que se estende pela superfície e a parte soterrada. A gênese e a exposição superficial dessas concreções evidenciam variações climáticas; b) a formação de bauxitos, a partir da transformação direta das rochas alcalinas e não de argilas provenientes da meteorização, também pode evidenciar oscilação paleoclimática (CHRISTOFOLETTI, 1970).

A vegetação da área do maciço alcalino de Poços de Caldas reflete as alterações decorrentes das condições de clima, solos, altitude, relevo e duração da estação seca. A cobertura vegetal atualmente predominante nas duas áreas é representada por vegetação típica de cerrado e campo cerrado.

3.3. Clima

O clima do maciço alcalino de Poços de Caldas é do tipo mesotérmico brando subúmido que se caracteriza por um clima com predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano com média anual em torno de 18°C , devido principalmente à fisiografia da área (NIMER, 1977).

O verão é ameno com o mês mais quente apresentando temperatura média inferior a 22°C , com predomínio de temperaturas médias entre 18°C e 20°C . O inverno é bastante sensível e tem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C , porém, nunca inferior a 10°C . Os meses mais frios são junho e julho, sendo comuns mínimas diárias próximo de 0°C , advindo daí que a média das mínimas nesses meses seja de $12,9^{\circ}\text{C}$. A temperatura mínima absoluta é de $4,6^{\circ}\text{C}$ abaixo de zero. O fenômeno de geada é bastante comum, com períodos variáveis de 5 a 20 dias durante o ano (NIMER, 1977).

A precipitação pluviométrica média anual é de 1.745 mm, com um período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a março e o período menos chuvoso de abril a setembro, com estação seca de dois meses, compreendendo julho e agosto.

Considerando os regimes de umidade e térmico dos solos do maciço alcalino de Poços de Caldas seriam údicos e isotérmicos (ESTADOS UNIDOS, 1975; OLIVEIRA et alii, 1976).

Como nas áreas tropicais e subtropicais considera-se em geral que a formação do solo se dá em termos cíclicos (DE VILLIERS, 1965), por serem encontrados em superfícies antigas, climas preteritos devem ter influido na gênese dos mesmos. Considerações genéricas sobre flutuações climáticas no quaternário para esta região foram feitas por CHRISTOFOLETTI (1970).

3.4. Geomorfologia (relevo)

O maciço alcalino de Poços de Caldas está encravado no planalto Sul de Minas, que apresenta-se com uma sucessão de morros e garupas, entre 1 000 e 1 100 metros de altitude, cuja continuidade é interrompida por uma série de cristas que formam a superfície de 1 600 metros; as cristas apresentam-se adaptadas às orientações gerais dos gnaisses as semelhando-se às cristas tipo apalacheano (MOREIRA e CAMELIER, 1977). O maciço alcalino de Poços de Caldas ergue-se de 1 500 a 1 700 metros de altitude, sendo considerado um "domo formado por rochas eruptivas". As rochas nefelinas de Poços de Caldas, são talvez, posterior ao derrame basáltico do Sul do Brasil. Apesar de apresentarem grã grossa, com provável origem plutônicas, mas o aparecimento de rochas de grã fina, com prova a existência de erupções vulcânicas mais recentes. Sendo o vulcanismo, desse modo, considerado contemporâneo das fa lhas do Brasil Sudeste (MOREIRA e CAMELIER, 1977).

Morfologicamente, o maciço de Poços de Caldas apresenta-se como uma unidade individualizada, sendo delimita da, por um dique anelar quase completo, em função da intrusão do magma nefelino na periferia do maciço ao longo de fendas circulares (ELLERT, 1959; CHRISTOFOLETTI, 1970). A topografia do dique anelar é bastante expressiva em três quadrantes: norte, oeste e sul; enquanto que no leste não se observa expressão morfológica do anel de tinguaito.

O maciço alcalino apresenta duas áreas geomorfologicamente distintas: uma com topografia movimentada em sua parte oriental, drenada pelo rio das Antas, onde são encontrados níveis mais elevados, em torno de 1 400 metros; caracteriza-se por uma movimentação intensa de relevo, com vertentes que normalmente atingem declividades superiores a 20° ; a drenagem apesar de condicionada por linhas tectônicas, apresenta vales encaixados, com rupturas de declives e presença de várzeas estreitas e pouco alongadas. A outra parte do maciço caracteriza-se por topografia menos movimentada, com vales de vertentes mais suaves e presença mais constantes de topos aplainados (ELLERT, 1959 e CHRISTOFOLETTI, 1970).

As características geomorfológicas das duas áreas onde foram estudados os solos no maciço alcalino de Poços de Caldas, estão representadas por morros de baixa resistência à erosão, com topos arredondados e encostas côncava-convexa; os vales são abertos; com drenagem de densidade média e declividade suave.

As superfícies das duas áreas correspondem a pedimentos (pediplano) com níveis topográficos distintos que podem ser atribuídos a ação de fases de erosão diferentes, admitindo-se uma formação policíclica. A superfície da área II apresenta níveis topográficos mais expressivos que a superfície da área I (Figura 4). PENTEADO (1983) atribui que as causas do desenvolvimento do relevo policíclico se prendem a modificações do nível de base ou a retomadas erosivas de origem climática. Nestas áreas, seria melhor atribuído às retomadas erosivas de origem climática para a presença de relevo policíclico na área.

A presença de paleossolos (solos enterrados) e linha de concreções lateríticas e bauxíticas, nestas superfícies

Figura 4 - Mostrando ao fundo o modelado da superfície na área II, com o relevo alto no centro sustentado por canga concrecionária laterítica. Também é mostrado a posição dos perfis na superfície, assim como, a exposição da superfície original nesta área.

cies, são indícios que indicam ocorrência de fases alternadas de erosão e aggradação na formação do solo (BUTLER, 1959 e PENTEADO, 1983). Estes fatos podem ser considerados como evidências de ação de paleoprocessos na construção das superfícies (paisagens) atuais, ocorrentes na área de estudo.

Segundo RUHE (1956) a linha de pedras nos solos originaria-se durante os processos de erosão e deposição, através dos quais ocorrem a evolução da paisagem, de maneira que os fragmentos mais grosseiros (rochas) seriam concentrados pela remoção de materiais mais finos.

OJANUGA e WIRTH (1977) consideram a importância da origem multicíclica das paisagens, de modo que a erosão ocorreria durante o período de instabilidade (OLLIVIER, 1959) e deveria ter-se alterado repetidamente no passado com a pedogênese ocorrendo no período de estabilidade.

Para BUTLER (1959) a ocorrência de solos enterrados seria uma evidência de que o desenvolvimento do solo e a erosão teriam ocorridos mais em fases, do que em processo contínuo. De maneira que, a idéia fundamental seria o solo cíclico, compreendendo a alternância de uma fase de instabilidade, quando as superfícies de solos mais velhos seriam destruídos ou enterrados, e uma fase de estabilidade, quando ocorreria o desenvolvimento dos solos nas novas superfícies.

3.5. Solos

Na região de Poços de Caldas os solos predominantes assemelham-se morfologicamente a solos já identificados no sul do Brasil, como os Latossolos Brunos e as Terras Brunas Estruturadas. Caracterizam-se por apresentarem perfis relativamente profundos, de drenagem moderada a boa, de coloração brunada ou mesmo avermelhada, com estrutura no horizonte B, bem desenvolvida em forma de blocos suabgulares em grau moderado a fraco. A estrutura toma aspecto mais evidente nos cortes velhos de estradas onde o processo de umedecimento e secamento é mais ativo e frequente.

As principais características destes solos são a coloração brunada e o desenvolvimento de estrutura. O aspecto da estrutura faz lembrar a Terra Roxa Estruturada caracterizada em diversas regiões brasileiras. Diferem destas no que se refere as características de cor. Enquanto que, as Terras Roxas Estruturadas possuem cores nos matizes em torno de 2,5YR a 10R, os solos desta região apresentam cores no horizonte B, com matizes variáveis de 5 YR a 10YR, sendo mais comum no matiz 7,5YR. Devido a este aspecto, têm sido classificados como Terras Brunas Estruturadas (EMBRAPA, 1980 a e b e 1982). Quanto ao Latossolo Bruno, apresenta características latossólicas e predominância das cores brunadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

O material que serviu de base para este estudo constou da coleta de sete perfis de solos em duas áreas no maciço alcalino de Poços de Caldas. Na área I foram coletados quatro perfis (PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4) de solos desenvolvidos de material proveniente da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolitos. Na área II foram coletados três perfis (PC-5, PC-6 e PC-7) de solos desenvolvidos de material de partida resultante da alteração de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfibolitos. Posteriormente, foi coletado mais um perfil complementar, na área II, designado como PC-8, com a finalidade de auxiliar na caracterização dos solos e na elucidação da presença de paleossolos nestas áreas.

4.2. Métodos

As amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malhas de abertura de 2 mm. A fração menor que 2 mm constitui a terra fina seca ao ar (TFSA), na qual foram efetuadas as análises físicas, químicas e mineralógicas, enquanto que, nas amostras do perfil PC-8, foram realizadas somente análises físicas e químicas referentes à levantamento de solos.

4.2.1. Análises físicas

Análise mecânica - As análises físicas constando de análise granulométrica, argila dispersa em água e equivalente de umidade, foram realizadas no laboratório de solos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS-EMBRAPA, segundo os métodos inseridos no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1979).

Curva de retenção de água - As curvas de retenção de água foram determinadas através do conteúdo de água retida em amostras de solos deformadas, (terra fina < 2 mm) colocadas em anéis de borracha e submetidas as tensões de 0,10; 0,33; 0,50; 1,00; 5,00 e 15,00 atmosferas, usando aparelho de placa de pressão conforme procedimento descrito por RICHARDS (1954). A água disponível foi estimada pela diferença no conteúdo de água entre as tensões de 0,33 e 15 atmosferas.

Densidade aparente - A densidade aparente (global) foi determinada em amostras indeformadas coletadas com anel volumétrico de 50 cm^3 . Foram feitas duas amostragens por horizonte e colocadas em latas de alumínio numeradas e de peso conhecido, procedendo-se em seguida conforme a metodologia recomendada pelo Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1979).

Superfície específica - A superfície específica das amostras foi obtida pelo uso de etileno glicol monoetil eter (EGME), segundo CARTER et alii (1965); HEILMAN et alii (1965) e CIHAEK e BRENMER (1979). As amostras de solo (< 2 mm) foram moidas e passadas em peneiras de 60 "meshs". Foram feitas pesagens de aproximadamente 0,60 g e colocadas em dessecador com P_2O_5 anidro, até a obtenção de peso constante.

te. Nas amostras ao atingirem um peso constante, foram adicionados 1,2 ml de EGME, colocadas em dessecador com CaCl_2 anidro e submetidas a vácuo, fazendo-se pesagens em intervalos pré-determinados até atingirem peso constante. A superfície específica total foi calculada pela fórmula:

$$SE = \frac{\text{g EGME}}{\text{g (amostra)} \times 2,86 \times 10^{-4} \text{ g/m}^2}$$

4.2.2. Análises químicas

As análises químicas referentes a carbono orgânico, nitrogênio total, pH em H_2O e KCl , fósforo assimilável, cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio trocáveis, acidez trocável ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$), ataque sulfúrico (H_2SO_4 1:1 + 0,8% de NaOH) e determinações de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e MnO , cálculo dos valores de soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T), saturação de bases (V %), saturação com alumínio ($100 \text{ Al}^{+++}/\text{Al}^{+++} + \text{S}$) e, das relações moleculares: $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki); $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Kr) e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, foram realizadas no laboratório de solos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, segundo os métodos inseridos no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1979).

Fracionamento de humus - O carbono orgânico total foi determinado por oxidação sulfocrômica em meio sulfúrico. O fracionamento do humus foi realizado na fração terra fina (< 2 mm) segundo a metodologia de DABIN (1971), pelo laboratório de solos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP.

Cargas elétricas - As cargas elétricas positivas, negativas e líquidas dos solos foram determinadas por um

método similar ao descrito por SCHOFFIELD (1949). Foram pesadas amostras de terra fina (< 2 mm) equivalente a 2g de TFSE e colocadas em tubos de centrífuga previamente pesados, adicionando-se em seguida 30 ml de KCl N. As amostras foram agitadas por um minuto na mão e centrifugadas e o líquido sobrenadante descartado. Este processo de saturação foi repetido três vezes. As amostras foram lavadas em seguida mais três vezes com KCl 0,1 N, utilizando-se do mesmo procedimento. Antes de descartar o sobrenadante da última lavagem com KCl 0,1 N, foi determinado o pH da solução. Depois de descartado o sobrenadante líquido final, as amostras foram pesadas para determinar a quantidade de K e Cl ocluso. O K e Cl saturante foram então removidos com três lavagens de 30 ml de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 N e retidas para determinação de K e Cl. O potássio foi determinado em fotômetro de chama e o cloro com tiosulfato férrico em espectrômetro VARIAN, segundo metodologia de RUZICKA et alii (1976).

PCZ e carga líquida de superfície - O PCZ e a carga líquida de superfície foram determinados nas amostras por titulação com H^+ e OH^- em três concentrações eletrolíticas de KCl, seguindo procedimento delineado por VAN RAIJ e PEECH (1972), GILLMAN e UEHARA (1980) e UEHARA e GILLMAN (1981). As amostras foram lavadas três vezes com KCl N para eliminação de cátions e ânions trocáveis. Em seguida foram lavadas com água destilada até que a concentração eletrolítica fosse reduzida a um valor baixo ($< 0,002$ M).

Óxidos de ferro livre - Os óxidos de ferro livres foram removidos das amostras de solos (< 2 mm) e da fração argila pelo método do citrato-bicarbonato-ditionito de sódio (CBD) segundo o procedimento de MEHRA e JACKSON (1960) e JACKSON (1969). O ferro foi determinado pelo método colorimétrico com ortofenantrolina de acordo com o procedimento de

KRISHMA MURTI et alii (1966). O alumínio extraído pelo citrato-bicarbonato-ditionito de sódio foi determinado pelo método colorimétrico com aluminon, de acordo com HSU (1963) e JACKSON (1969), que compreende a digestão de uma alíquota do extrato do CBD com H_2O_2 e separação de Al do Fe com NaOH, antes da determinação do Al (JACKSON, 1969). O manganês do extrato do CBD foi determinado por absorção atômica.

Óxidos de Fe, Al e Mn amorfos — Os óxidos de ferro, alumínio e manganês amorfos foram extraídos das amostras de solos (<2 mm) e da fração argila com oxalato de amônio 0,2 M a pH 3,0, com período de agitação de 4 horas no escuro, segundo procedimento de McKEAGUE e DAY (1966). A determinação do ferro e alumínio foram realizados por métodos colorimétricos com ortofenantrolina (KRISHMA MURTI et alii, 1966 e JACKSON, 1969) e aluminon (HSU, 1963 e JACKSON, 1969), respectivamente, após o tratamento do extrato com KNO_3 e H_2SO_4 e aquecimento a $450^{\circ}C$ por duas horas (WEAVER et alii, 1968). O manganês extraído pelo oxalato foi determinado por absorção atômica.

4.2.3. Análises mineralógicas

As análises mineralógicas foram efetuadas em amostras de horizontes selecionados dos perfis de solos, como segue: Au, Bw1, BC e C2; Aup, Bw1, BC e C2; Aup, BC, Bw2, Bw3, BC e C2 e Aup, Bw1, Bw2, Bw3 e Bwb, correspondentes aos perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4 da área I, respectivamente e as referentes aos horizontes Aec, BA, Cl e C2; Au, BA e BC e Au, Bw1, Bw3, Aub e Bwb, dos perfis PC-5, PC-6 e PC-7 da área II, respectivamente.

Pré-tratamento - O pré-tratamento das amostras para análise mineralógica, consistindo da remoção da matéria orgânica e óxidos livres de manganês, foi realizado somente nos dois primeiros horizontes selecionados de cada perfil, utilizando-se água oxigenada (H_2O_2 a 30 %), segundo procedimento de JACKSON (1969). Os óxidos de ferro livres foram removidos de todas as amostras selecionadas pelo método do citrato-bicarbonato-ditionito (CBD), segundo MEHRA e JACKSON (1960) e JACKSON (1969).

Fracionamento - O fracionamento das amostras após a remoção da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livres foi realizado por peneiragem úmida, centrifugação e decantação, segundo procedimento de JACKSON (1969), sendo separadas as seguintes frações: areia, (200-50 μ), silte (50-2 μ) e argila (< 2 μ). As frações areia e silte foram transferidas para "beckers" previamente pesados e postas em estufa a 110°C para secar. A fração argila foi reservada em recipiente na forma de suspensão.

Saturação de amostras - Amostras da fração argila foram saturadas com potássio (K) e magnésio (Mg), segundo metodologia de JACKSON (1969).

Análise quantitativa - A caulinita e a gibbsita da fração argila foram estimadas quantitativamente por análise termo diferencial (DTA) através de procedimento similar ao descrito por DIXON (1966) e modificado por MONIZ e JACKSON (1967). Amostras da fração argila saturadas com magnésio (Mg) e secas a 110°C, foram diluídas com Al_2O_3 previamente calcinado a 950°C, tendo em vistas os altos teores de caulinita e alguns de gibbsita. As curvas padrões foram obtidas de caulinita e gibbsita puras diluídas com Al_2O_3 , para obtenção dos di-

versos padrões. As amostras da fração argila e os padrões foram misturados num almofariz de ágata com Al_2O_3 para obtenção de uma mistura homogênea. As amostras e os padrões foram colocados em cadinhos e aquecidos em aparelho de análise termo diferencial (DTA) marca RIGAKU, na taxa de $10^\circ\text{C}/\text{minuto}$ e velocidade do papel no registrados de 20 cm/h. As percentagens de caulinita e gibbsita foram obtidas pela fórmula:

$$\% \text{ mineral na argila} = \frac{\% \text{ mineral pela curva padrão} \times 100}{\% \text{ argila na mistura com } \text{Al}_2\text{O}_3}$$

Os materiais amorfos foram determinados por análises de dissolução seletiva com KOH 0,5 N fervente, pelo método de ALEXIADES e JACKSON (1966), JACKSON (1969) e EL-ATTAR et alii (1969). O silício e o alumínio extraído foram determinados pelo método colorimétrico do molibdato de amônio amarelo e pelo aluminon, respectivamente (JACKSON, 1969). O ferro extraído pelo CBD foi determinado em colorímetro com ortofenantrolina (JACKSON, 1969). O conteúdo de Al_2O_3 equivale à percentagem de gibbsita determinada por DTA, foi subtraída do conteúdo de Al_2O_3 obtido pela análise de dissolução seletiva. O restante do Al_2O_3 foi combinado com o silício (SiO_2) dissolvido pela análise de dissolução seletiva para obtenção da percentagem de material amorfos (alofanas) (JACKSON, 1969 e EL-ATTAR et alii, 1969).

A mica foi determinada com base no teor total de K_2O , após o tratamento da amostra com HF e HClO_4 , a quente, segundo procedimento de PRATT (1965) e ALEXIADES e JACKSON (1966). A percentagem de mica na fração argila foi obtida pressupondo-se que a mica contenha 10 % de K_2O (JACKSON, 1969), de maneira que 1 % de K_2O na amostra corresponde a 10 % de mica.

Análise qualitativa - Para as análises mineralógicas por difratometria de raios-X, utilizou-se um aparelho RIGAKU equipado com tubo de Cu e filtro de Ni, operando com 20 m A e 40 Kw; para o que, foram preparadas lâminas orientadas da fração argila previamente saturadas com K e Mg. Consistiu na utilização de pequena porção de pasta de argila saturada, a qual foi distribuída sobre uma lâmina de vidro com auxílio de espátula ou outra lâmina de vidro em fina camada, para orientação dos planos basais dos argilo-minerais (THIESEN e HARWARD, 1962). Foram analisadas as amostras saturadas com K a 25°C e as calcinadas a 350°C e 550°C por duas horas, e, as saturadas com Mg, ao natural e glicoladas, no intervalo de 3 a 40° 2θ . As frações areia e silte foram moídas e analisadas pelo método de pó em suporte de alumínio, no intervalo de 3 a 60° 2θ .

A interpretação dos difratogramas de raios-X foi realizada utilizando-se as normas adotadas por BROWN (1961), GRIM (1968) e JACKSON (1969). Para a análise semiquantitativa dos componentes mineralógicos das frações silte e areia, foram medidas as áreas dos picos nos difratogramas de raios-X e comparadas com as obtidas das amostras padrões.

Formas cristalinas de óxidos de ferro - Para identificação das formas cristalinas dos óxidos de ferro, as amostras da fração argila com ferro, foram tratadas com NaOH 5 N fervente, seguindo o procedimento de NORRISH e TAYLOR (1961) modificado por KAMPF e SCHWERTMANN (1982). Após este tratamento as amostras foram analisadas pelo método de pó em suporte de alumínio, no intervalo de 3 a 60° 2θ em aparelho de raio-X RIGAKU equipado com tubo de cobre e filtro de níquel. A interpretação dos difratogramas foi realizada de acordo com SCHERTMANN e TAYLOR (1977).

4.2.4. Análise micromorfológica

Foram coletadas amostras de solos indeformadas para cada horizonte, observando-se a orientação no perfil de solo. No laboratório as amostras foram modeladas como cilindros, adaptando-as em copos de vidros e postas a secar ao ar. Antes de ser processada a impregnação, as amostras foram submetidas a secagem em estufa a 60 a 70°C pelo período de 4 horas.

A impregnação das amostras foi realizada seguindo um procedimento similar ao descrito por BUOL e FADNESS (1961) e MENDES et alii (1973), utilizando-se uma mistura em partes iguais de resina (resina polilyte T208) e diluente (monômero de estireno), com adição de 4 gotas de catalizador (peróxido de metil-etil-cetona) como endurecedor, para cada 100 ml da mistura. Esta mistura foi colocada em funil separador adaptado a um dessecador. As amostras são colocadas no dessecador, fechadas todas as válvulas e submetidas a vácuo equivalente a uma pressão de 7 a 8 mm Hg pelo período de 5 a 10 minutos para eliminação do ar no sistema. A seguir, a mistura foi adicionada vagarosamente às amostras até cobri-las, com solução suficiente para inundá-las. Após o final da impregnação as amostras foram evacuadas, por um período adicional de 30 a 45 minutos, sendo então retiradas do dessecador e colocadas para endurecer em temperatura ambiente. O período de endurecimento foi de 5 a 10 dias.

As seções delgadas foram obtidas, pelos métodos usuais empregados em petrologia (CADY, 1965).

As lâminas foram examinadas em microscópio petrográfico e descritas de acordo com a terminologia de BREWER (1976).

4.2.5. Classificação

Para classificação natural dos solos adotou-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos proposto por BENNEMA e CAMARGO (1964) com modificações introduzidas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e o sistema compreensivo americano - Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1975).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados e discussão será feita inicialmente levando-se em consideração as propriedades dos solos em separado, ou seja, propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, incluindo aqui também a micromorfologia. Como complementação deste capítulo é apresentado um tópico abrangente, levando-se em consideração todas as propriedades estudadas relacionando os aspectos da pedogênese. No final é apresentada sugestões de classificação dos solos estudados em dois sistemas de classificação, brasileiro e americano.

Todo o estudo foi realizado em duas sequências de solos, designado como área I e área II que são geomorfologicamente semelhantes. Devido a este fato a apresentação dos resultados e discussão será feita conjuntamente, não fazendo-se distinção entre elas. Os solos da área I tem sido cultivados mais intensamente do que os da área II, recebendo inclusive calagem periódica.

5.1. Morfologia e distribuição dos solos

Os dados a respeito das descrições morfológicas estão indicados nos anexos (Apêndice 1). As Figuras 5 e 6 ilustram a distribuição dos solos nas duas paisagens estudadas. Na Tabela 3 é apresentado um resumo das características morfológicas, físicas e químicas dos solos referentes aos perfis das áreas I e II.

A distribuição dos solos na superfície atual das duas áreas está relacionada aos elementos de uma paisagem de acordo com os critérios de RUHE (1961) (Figuras 5 e 6). Na área I (Figura 5) o perfil PC-1 estaria situado na encosta em relevo ondulado, enquanto que os perfis PC-2, PC-3 e PC-4 localizam-se no pedimento superior, médio e inferior, respectivamente, em relevo plano a suave ondulado. Na área II (Figura 6) na crista encontra-se o PC-8 em relevo ondulado, o perfil PC-5 situa-se na encosta em relevo forte ondulado, enquanto que os perfis PC-7 e PC-7, localizam-se no pedimento superior e médio respectivamente, em relevo suave ondulado. A inserção do perfil PC-8, na sequência de solos da área II (Figura 6) teve a finalidade de mostrar a existência de solos enterrados, na parte baixa (PC-7) como na parte alta (PC-8) da sequência.

A natureza da cascalheira e/ou linha de pedra, indicada nas Figuras 5 e 6, é de material laterítico associado com bauxitos. É mais espessa nas quebras do relevo e mais delgada nas áreas mais plana.

A sequência de horizontes destes solos de uma maneira geral é A, B, C, com variações para A(B)C (perfis PC-1, PC-2, PC-5 e PC-8). A presença neste caso de atributos câmbicos é somente morfológicos e relacionado principalmente à espessura. Os perfis PC-8 e PC-7 são "bussequa" ou seja com sequência, A,B,Ab, Bb característico de paleossolos enterrados. O perfil PC-5 pode ser considerado como um paleos-

Figura 5 - ILUSTRAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA ÁREA I EM RELAÇÃO AO MATERIAL DE ORIGEM, RELEVO E SOLOS

Figura 6—ILUSTRAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA ÁREA II EM RELAÇÃO AO MATERIAL DE ORIGEM, RELEVO E SOLOS.

Tabela 3 - Resumo das características morfológicas, físicas e químicas dos perfis de solos das áreas I e II.

Características	Perfil	
	PC - 1	PC - 2
Sequência de horizontes	Au/AB/B/W1/Bw2/BC/C1/C2	Aup/AB/Bw1/Bw2/BC/C1/C2
Espessura (A B) (cm)	115	105
Drenagem	Bem drenado	Moderado
Permeabilidade	Média (?)	Média (?)
Cor	Bruno escuro/bruno amarelado escuro ~vermelho amarelado	Bruno escuro/bruno ~bruno amarelado escuro
Textura (A/B)	Muito argiloso/muito argiloso	muito argiloso/muito argiloso
Estrutura (A/B)	Forte pequena ~ média granular ~ subangular/fraca ~ moderada pequena ~ grande subangular.	Forte pequena ~média granular ~ subangular/moderada média ~ grande subangular.
Consistência úmido (A/B)	Muito firme/friável ~ muito firme.	Muito firme/muito firme.
Consistência molhado (A/B)	Plástico e pegajoso/plástico pegajoso.	Muito plástico muito pegajoso/muito plástico/muito pegajoso.
Extensão de raízes (cm)	115	79
pH (H ₂ O) (A/B/C)	4,7/4,9 ~ 5,1/5,5	4,8 ~ 5,1/4,6 4,7/5,1 ~ 5,2
ΔpH (A/B/C)	-0,7 ~ 1,0/-0,8 ~ 1,1/-1,6	-0,9/0,5 ~ 0,7/-0,9 ~ 1,0
CTC (A/B/C) me/100 g	11,6 ~ 15,4/6,8-8,2/8,7 ~ 9,7	15,5-16,3/9,5-10,1/8,7 ~ 9,3
Saturação de bases (A/B/C) (%)	5 ~ 16/4/3	30 ~ 43/7 ~ 11/3 ~ 4
Saturação do Al (A/B/C) (%)	68 ~ 90/94 ~ 95/96 ~ 97	18 ~ 39/82 ~ 91/95 ~ 96.

Continua

Tabela 3 - Continuação.

Características	Perfil	
	PC - 3	PC - 4
Sequência de horizontes	Aup/AB/BA/Bw1/Bw2/Bw3/BC/Cl/C2	Aup/Bw1/Bw2/Bw3/Bw4/BC
Espessura (A + B) (cm)	197	220
Drenagem	Bem drenado?	Moderado a bem drenado
Permeabilidade	Média a alta (?)	Média a alta (?)
Cor (A/B)	Bruno acinzentado muito escuro ~ bruno escuro/bruno forte ~ vermelho escuro.	Bruno acinzentado muito escuro/bruno escuro ~ vermelho escuro
Textura (A/B)	Muito argiloso/muito argiloso.	Muito argiloso/muito argiloso.
Estrutura (A/B)	Moderada pequena ~ média granular~subangular/fraca muito pequena~média subangular.	Fraca~moderada pequena média granular~subangular/moderada a fraca pequena média subangular.
Consistência úmido (A/B)	Muito friável~friável.	Firme/friável a firme.
Consistência molhado (A/B)	Plástico pegajoso/plástico pegajoso.	Muito plástico muito pegajoso/muito plástico muito pegajoso.
Extensão de raízes (cm)	110	105
pH (H ₂ O) (A/B/C)	4,8~5,2/4,9~5,7/5,3~5,5	4,8/4,5~5,1
ΔpH (A/B/C)	-0,4~-0,8/+0,4~-1,3/-1,0~-1,3	-0,8/+0,1~-0,7
CTC (A/B/C) (me/100 g)	9,5~12,9/2,3~6,0/4,0~4,4	15,4/3,1~8,6
Saturação de bases (A/B/C) (%)	14~29/4~12/5	19/8~16
Saturação com Al (A/B/C) (%)	28~58/0~50/80~83	43/0~67
Continua		

Tabela 3 - Continuação

Características	Perfil			
	PC - 5	PC - 6	PC - 7	
Sequência de horizontes	Aec/Bw/Cl/C2	Au/AB/BA/BwC/BC	Au/BA/Bw1/Bw2/Bw3/Aub/Bwb	
Espessura (A+B) (cm)	62	140	265	
Drenagem	Moderada	Moderada	Bem drenado	
Permeabilidade	Baixa	Baixa	Média	
Cor (A/B)	Bruno escuro/bruno forte.	Bruno escuro/bruno forte/amarelo avermelhado.	Bruno escuro/bruno escuro-bruno forte-vermelho.	
Textura (A/B)	Argilosa/muito argilosa.	Muito argilosa/muito argilosa.	Muito argilosa/muito argilosa.	
Estrutura (A/B)	Fraca a moderada pequena média-granular/fraca pequena-grande subangular.	Moderada forte pequena média granular-subangular/fraca a moderada média-grande subangular.	Forte pequena-média granular-subangular/moderada a forte pequena-média-grande subangular.	
Consistência úmida (A/B)	Friável/firme	Firme/firme	Firme/friável a firme-firme	
Consistência molhada (A/B)	Plástico, pegajoso/plástico pegajoso.	Plástico pegajoso/plástico pegajoso.	Muito plástico muito pegajoso/muito plástico muito pegajoso.	
Transição (A-B)	Plana e clara.	Plana e clara.	Plana e difusa.	
Extensão de raízes (cm)	62	90	175	
pH (H ₂ O) (A/B/C)	5,0/5,2/5,3-5,5	4,7/4,8-5,6	4,8/5,1-5,8	
ΔpH (A/B/C)	-0,6/-0,9/-1,1~-1,3	-0,8/-0,8~-1,2	-0,9/-0,9~-1,1	
CTC (A/B/C) (me/100 g)	9,9/3,8/3,3-3,7	10,9-14,6/2,7-7,7	10,5-12,6/3,3-14,5	
Saturação de bases(%) (A/B/C)	8/5/5-6	2-5/3-7	2-4/1-6	
Saturação com Al (A/B/C)	79/82/87-92	89-96/71-94	90-95/33-94	

solo exumado (Figura 7). As Figuras 8 e 9 ilustram a ocorrência do horizonte Ab (enterrado), nas áreas I e II.

De uma maneira geral, a drenagem interna destes solos pode ser considerada como boa. Entretanto, é possível encontrar sinais parciais de gleização no PC-5, mais especificamente nos horizontes C1 e C2, apesar deste perfil ocupar uma posição relativamente elevada na paisagem. Trata-se portanto de uma paleodrenagem. A Figura 7 indica esta drenagem reduzida com cores cinzento claro no matiz 10YR.

Morfologicamente estes solos apresentam, grau de desenvolvimento de estrutura pouco variável, com maior diferença observada em relação ao perfil PC-7 de estrutura em blocos subangulares. Como este perfil localiza-se no final do pedimento (vertente) é possível que este maior grau de desenvolvimento pode estar relacionado ao fluxo lateral de água. MONIZ e BUOL (1982) observaram que o maior desenvolvimento de estrutura nas encostas deve-se à ação do fluxo lateral de água pela alternância de ciclos de saturação e secagem.

A sequência de horizontes B nos perfis PC-1 , PC-2 na área I e o perfil PC-8 na área II (Figura 10), com estrutura em blocos subangulares médios a grandes podem estar em parte relacionado à herança estrutural do material de partida, que apresenta-se em alguns locais fraturado e ao intemperizar-se transfere sua forma ao tipo de estrutura. A diferença no grau de desenvolvimento da estrutura de fraca a moderada no horizonte B do perfil PC-3 para moderado a forte no PC-4, na parte mais inferior do pedimento (vertente) também está relacionado à ação do fluxo lateral de água.

Figura 7 - Perfil PC-5 mostrando o horizonte residual (A e C) e presença de mosqueado nos horizontes C1 e C2, evidenciando a paleodrenagem.

Hor.	Cor	% Carbono	% Argila	Ki
Ae	10YR 4/3	1,52	71	1,42
Bw	7,5YR 5/4	1,42	64	1,44
Ab	10YR 3/2	2,66	80	1,36
Bwbl	7,5YR 4/6	1,93	63	1,33
Bwb2	7,5YR 5/6	1,25	71	1,34
Bwb3	7,5YR 5/8	0,59	66	1,34

Figura 8 - Perfil PC-8 em corte de estrada na crista da superfície da área II, mostrando a posição do solo enterrado (paleossolo) e aspecto de estrutura, e relação de cor, percentagem de carbono, argila e Ki entre os horizontes

Hor.	Cor	%Carbono	% Argila	Ki
Ae	10YR 3/2	3,27	85	1,04
Bw	7,5YR 4/4	1,83	89	1,07
Ab	7,5YR 3/3	2,00	-	0,83
Bwb1	5YR 5/6	0,99	-	0,72
Bwb2	2,5YR 4/6	0,55	90	0,73

Figura 9 - Perfil em corte de estrada na área I, mostrando a posição do solo enterrado (paleossolo) e aspecto da estrutura e relação de cor, percentagem de carbono e argila e Ki entre os horizontes. 60

A

B

Figura 10 - Perfil PC-8 na área II mostrando o aspecto da estrutura herdada do material de partida, indicada pela parte superior da caneta nas fotos A e B. Na foto A indicada pela ponta da caneta observa-se uma lâmina resultante da segregação de ferro, tendo na parte superior deste concreções bauxíticas.

É frequente observar-se nos cortes de estradas os solos secos apresentarem estrutura em forma prismática composta de blocos subangulares fortemente desenvolvidos (Figura 11). Isto deve refletir um processo de umedecimento e secamento rápido dos solos, pela presença de algum material no solo que tenha a propriedade de retrair-se pela perda rápida de água nas condições ambientais. Esta característica parece ser um reflexo da presença de material amorfos (alofanas) e/ou haloisita nestes solos. PESSOA (1979) observou em solos da Bahia que o desenvolvimento moderado da estrutura em blocos, no horizonte B de latossolos e podzólicos, devia-se a presença dominante da metahaloisita na fração argila desses solos.

A cor destes solos de uma maneira geral parece estar relacionada em parte a alteração do material de partida, que apresenta cores bruno forte, amarelo avermelhado (tinguaitos) e cinzento (bostolitos) e a natureza dos óxidos de ferro. Na parte inferior do horizonte B dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, as cores variam de vermelho a vermelho escuro. VOLKOFF (1978) estudando os produtos ferruginosos que determinam a cor de solos da Bahia, observou que a cor amarela está associada à presença de goethita e a cor vermelha refere-se à presença de hematita, principalmente em forma de cristais muito pequenos: SCHWERTMANN *et alii* (1982) observaram também que solos com hematita apresentam cores mais vermelhas que 7,5YR, enquanto que, solos goethíticos livres de hematita mostram matizes brunos amarelados entre 2,5Y e 7,5YR e quando goethita e hematita ocorrem associadas domina a cor vermelha da hematita. As cores vermelhas na parte inferior desses perfis podem estar relacionadas ao desenvolvimento mais intenso do solo em fase paleoclimática mais quente e seco que favorecem a formação de hematita (SCHERTMANN, 1971), evidenciando oscilação paleoclimática na formação dos paleossolos. A coloração escuro do horizonte A e mesmo dos horizontes Ab destes solos deve-se aos altos teores de matéria orgânica presente.

Figura 11 - As fotos mostram o grau de desenvolvimento da estrutura nos cortes de estradas velhos e secos. Na parte média da foto o horizonte de coloração escura, corresponde ao paleossolo: A - corte de estrada próximo ao PC-7 na área II. B - corte de estrada na área I.

A classe de textura destes solos é argilosa e muito argilosa, refletindo a intensa alteração que sofreram os materiais constituintes das rochas, sob ação dos processos de intemperismo químico dominantes na área. Esta intensa alteração é a consequência da ação do clima na área, aliada à predominância nos materiais constituintes das rochas de minerais primários menos resistentes ao intemperismo.

A cerosidade observada no solo úmido, não foi constatada nos cortes secos com lupa de 10x, sugerindo com isso a ocorrência de filmes de água revestindo as superfícies dos elementos de estrutura e não de cerosidade.

Considerando-se as características morfológicas, estes solos podem ser considerados como profundos a medianamente profundos, bem a moderadamente drenados, porosos e de permeabilidade média a alta. O horizonte A apresenta características de cor, espessura e teor de carbono que satisfazem um horizonte A moderado (epipedon ócrico) ao perfil PC-5 e o horizonte A proeminente (epipedon úmbrico) aos demais perfis. Os solos correspondentes aos perfis PC-3 e PC-4, morfologicamente são semelhantes aos Latossolos, enquanto que, os demais perfis assemelham-se aos Cambissolos.

Convém salientar que a designação de horizontes (B) para os perfis PC-1, PC-5 e PC-6 se deve unicamente a menor espessura quando comparado com os perfis PC-3 e PC-4 e com maior grau de desenvolvimento de estrutura no PC-7. Entretanto, a ausência de gradiente textural em todos os perfis designados como (B), assim como a ausência de fragmentos de rochas na sua massa não o definem, morfologicamente, como horizontes câmbicos.

Os horizontes enterrados Bb (perfis PC-4, PC-7 e PC-8) possuem estrutura em blocos subangulares de grau fraco a moderado, característica inclusive de horizontes óxicos. Nestes horizontes enterrados, assim como, o do perfil PC-5 podem ser considerados como sendo óxicos.

A caracterização dos Latossolos Brunos e Terra Bruna Estruturada, típicos dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, respectivamente, seriam semelhantes morfologicamente aos oxissolos típicos, com uma única diferença para o grau mais desenvolvido de estrutura. Convém levar em consideração que a Soil Taxonomy, na definição de oxissolos admite subgrupos Tropeptic, justamente para casos como aqui apresentados.

5.2. Propriedades físicas

As propriedades físicas referentes a distribuição de partículas, densidade aparente e retenção de umidade variam pouco entre os solos.

A granulometria dos solos são apresentadas no Apêndice I e Tabela 4, onde os teores de areia são bastante baixos, os de silte mais variáveis oscilam entre 11 a 40 % e de argila superior a 43 %, podendo atingir valores de 85 %. A diferença entre os perfis em relação à distribuição de partículas, assim como, o gradiente textural é muito pequeno, insuficiente para que caracterize requisito à identificação como horizonte B textural ou argílico (BENNEMA e CAMARGO, 1964 e ESTADOS UNIDOS, 1975).

Nos perfis PC-1, PC-2 e PC-6 ocorre um decréscimo na quantidade de argila com um aumento relativo de silte e/ou areia a partir do horizonte BC; enquanto que, nos perfis

Tabela 4 - Propriedades físicas dos solos, correspondentes aos horizontes selecionados para análises mineralógicas da área I e II.

Solo (perfil)	Horizon- te	Profundi- dade (cm)	Areia ----- % -----	Silte ----- % -----	Argila -----	Argila Natural	Silte/ Argila	Densidade aparente (g/cm ³)	Superfície específica m ² /g
PC-1	Au	0- 12	7	20	73	58	0,27	1,06	164
	Bw1	- 45	5	20	75	0	0,27	1,24	151
	BC	-115	10	31	59	0	0,53	1,23	119
	C2	-265	8	40	52	0	0,77	n.d.	117
PC-2	Aup	0- 19	4	15	81	60	0,19	0,96	169
	Bw1	- 52	3	14	83	1	0,17	1,20	166
	BC	-105	3	21	76	0	0,28	1,12	133
	C2	-280	5	37	58	0	0,64	n.d.	89
PC-3	Aup	0- 25	3	17	80	47	0,21	0,99	158
	BA	- 58	3	17	80	0	0,21	1,08	158
	Bw2	-110	5	16	79	0	0,20	1,08	145
	Bw3	-153	7	14	78	0	0,18	1,19	140
	BC	-197	11	14	75	0	0,19	1,05	131
	C2	-290	10	18	72	0	0,25	n.d.	134
PC-4	Aup	0- 32	3	13	84	36	0,15	0,83	154
	Bw1	- 65	4	12	84	1	0,14	1,00	144
	Bw2	-105	4	12	84	0	0,14	1,10	130
	Bw3	-120	8	12	80	0	0,15	0,97	134
	Bwb	-220	4	11	85	0	0,13	n.d.	97

Continua

Tabela 4 - Continuação.

Solo (perfil)	Hori- zonte	Profundi- dade (cm)	Areia ----- ----- %	Silte ----- ----- %	Argila ----- -----	Argila Natural	Silte/ Argila	Densidade aparente (g/cm ³)	Superfície específica m ² /g
PC-5	Aec	0- 25	16	19	65	52	0,29	n.d.	119
	(B)w	- 62	12	16	72	0	0,22	n.d.	101
	C1	-138	8	18	74	0	0,24	n.d.	67
	C2	-180	2	22	76	0	0,29	1,15	60
PC-6	Au	0- 15	4	24	72	51	0,33	0,97	142
	BA	- 48	5	23	72	48	0,32	1,24	122
	BC	-140	6	27	67	0	0,40	1,22	64
PC-7	Au	0- 15	9	23	68	47	0,34	1,09	121
	Bw1	- 57	5	16	79	8	0,20	1,21	105
	Bw3	-140	4	13	83	72	0,16	1,18	118
	Aub	-175	17	17	66	40	0,26	0,91	187
	Bwb	-265	4	18	77	0	0,23	n.d.	113

n.d. = não determinado.

PC-3 e PC-4 ocorre a partir do Bw3 e perfil PC-7 do horizonte Aub. Isto pode estar relacionado a um menor grau de alteração do material de partida e à presença de concreções e nódulos lateríticos e bauxíticos no tamanho da fração silte e areia na massa do solo.

A relação silte/argila nestes solos varia em geral de 0,13 a 0,40, demonstrando que o material do solo encontra-se bastante alterado, com exceção para os horizontes mais inferiores dos perfis PC-1 e PC-2, que apresentam valores mais elevados variando de 0,43 a 1,02. VAN WAMBEKE (1962) mostrou uma tendência dessa relação em diminuir nos solos tropicais mais alterados. Os valores desta relação não apresentam uma tendência geral. Assim, é que ela aumenta com a profundidade do solo nos perfis PC-1 e PC-2 e ligeiramente para o PC-6, denotando um menor grau de alteração dos materiais do solo em profundidade; para os perfis PC-4 e PC-7 (paleossolos) a relação silte/argila do Bb é semelhante ou menor que o B, provando o avançado grau de intemperismo, que o exclui da definição de câmbico. Comparando-se os valores da relação silte/argila dos solos entre si, nas duas áreas, observa-se que os solos mais alterados são os correspondentes aos perfis PC-3, PC-4 e PC-7.

A argila dispersa em água nos solos da área I ocorre nos horizontes superficiais, enquanto que, na área II aparecem tanto no horizonte A como no horizonte B dos perfis PC-6 e PC-7. Isto é atribuído aos valores mais altos de ΔpH encontrado nestes solos. GILLMAN (1974) tem observado que quando aumenta a magnitude de carga negativa ou positiva a susceptibilidade da argila dispersar também aumenta. A magnitude do aumento da carga elétrica negativa nestes dois perfis (PC-6 e PC-7) parece estar relacionado aos teores mais eleva-

dos de matéria orgânica ao longo desses perfis (PC-6 e PC-7) que tem a propriedade de aumentar a carga elétrica negativa nos solos em pH ácido.

A densidade aparente determinada nos solos varia de 0,83 a 1,24 g/cm³ (Tabelas 4 e 5) estando estes valores em sua maioria concordantes com os de solos argilosos que variam em geral de 1,00 a 1,25 g/cm³. Os valores inferiores a 1,00 encontrados nestes perfis relacionam-se aos teores mais elevados de matéria orgânica nos horizontes superficiais e subsuperficiais (dos perfis PC-4 e PC-7 horizonte Bw3 e Aub, respectivamente). Os valores de densidade aparente <1,00 g/cm³ observados os horizontes subsuperficiais com baixos teores de matéria orgânica, parece envolver uma maior porosidade do solo nesses horizontes.

Os valores de densidade aparente referentes ao horizonte B, são mais altos nos perfis PC-1, PC-2, PC-6 e PC-7, refletindo o maior desenvolvimento de estrutura e menor grau de porosidade nesse horizonte. MONIZ e BUOL (1982) observaram uma relação entre a densidade aparente e o desenvolvimento de estrutura de solos, com os valores >1,15 g/cm³ relacionados à estrutura em bloco subangular ou média a grande granular e < 1,15 g/cm³ para estrutura muito pequena granular.

Os resultados da superfície específica total de horizontes selecionados dos perfis para análise mineralógicas variam de 64 a 187 m²/g (Tabela 4). Os valores de superfície específica decrescem gradativamente com a profundidade, exceto no perfil PC-4 e PC-7, onde ocorre uma elevação da mesma nos horizontes Bw3 e Aub, respectivamente, devido à presença de teores elevados de matéria orgânica nesses horizontes. Estes valores de superfície específica são mais altos do que os previstos para solos contendo predominância de cau-

linita e gibbsita, com evidências da presença de outros componentes no solo com superfície específica mais elevada, como material amorfos e micas.

A variação observada nos valores de densidade aparente e superfície específica nos horizontes subsuperficiais dos perfis PC-4 e PC-7, com aumento de matéria orgânica, pode ser considerada como mais uma evidência da presença de solos enterrados nestas áreas.

Os dados de retenção de água determinados em amostras de terra fina (<2 mm) são apresentados na Tabela 5, juntamente com os de argila, determinada e calculada. Esta última com base em 2,5 vezes a percentagem de água retida a 15 atmosferas, (ESTADOS UNIDOS, 1975). A percentagem de água retida sob as tensões de 0,33 e 15 atmosferas apresenta diferença relativamente pequena entre os perfis, e mesmo entre os horizontes, como podem ser observados nos dados da Tabela 5 e curvas características de umidade de alguns horizontes dos perfis (Figuras 12 e 13). A pequena variação na percentagem de água retida nestes solos está relacionada à textura muito argilosa e ao tipo de argila. A argila parece ser o principal fator responsável pela magnitude da retenção de água nesses solos. DEMATTÊ (1977) atribuiu que o conteúdo de argila, matéria orgânica e estrutura do solo foram os fatores mais importantes na retenção de água a baixas tensões ($<1,0$ atmosfera), enquanto que, o conteúdo de argila e a mineralogia da argila pareceram ser mais importantes na retenção de água a 15 atmosferas.

O conteúdo de argila calculada com base na retenção de água a 15 atmosferas em relação a determinada, apresentam uma diferença bastante acentuada nos horizontes mais inferiores dos perfis. A diferença existente entre o conteú-

Tabela 5 - Resultados de retenção de água sob tensão de 0,10, 0,33, 1,00, 5,00 e 15,00 atmosferas da fração terra fina (<2 mm), densidade aparente (g/cm³) e de argila determinada e calculada^{1/} e silte.

Solo (perfil)	Hori- zonte	0,10 -----umidade	0,33	1,00 (% volume)	5,00	15,00	Argila		Densidade aparente	Silte	15 atm	
							Determi- nada	Calcu- lada/			argila	
PC-1	Au	50,4	40,0	34,0	30,8	28,4	73	71	1,06	20	0,39	
	AB	51,8	37,7	33,0	30,6	27,0	74	68	1,04	20	0,36	
	Bw1	48,3	37,5	32,9	30,8	28,4	75	71	1,24	20	0,39	
	Bw2	48,2	35,8	31,1	29,0	26,3	68	66	1,20	24	0,39	
	BC	46,4	38,4	29,7	27,8	27,3	59	68	1,23	31	0,46	
	C1	46,3	43,1	28,7	26,7	25,5	43	64	1,11	44	0,59	
	C2	49,5	47,6	28,6	25,8	24,3	52	61	n.d.	40	0,47	
PC-2	Au	46,4	39,8	34,8	31,3	30,5	81	76	0,95	15	0,38	
	AB	53,6	47,3	40,6	34,5	32,3	80	81	1,07	17	0,40	
	Bw1	49,3	44,1	36,2	31,6	30,2	83	75	1,20	14	0,36	
	Bw2	51,4	46,1	38,8	34,9	33,3	78	83	1,18	17	0,40	
	BC	55,4	48,0	41,3	35,3	33,5	76	84	1,12	21	0,40	
	C1	51,9	46,8	39,1	34,7	33,7	68	84	1,16	29	0,40	
	C2	50,4	44,3	38,0	31,6	30,8	58	77	n.d.	37	0,40	
PC-3	Aup	51,3	40,0	35,0	30,7	30,4	80	76	0,99	17	0,38	
	AB	53,6	40,0	35,7	32,0	31,3	76	78	0,95	21	0,41	
	BA	45,8	42,3	36,5	33,6	33,4	80	83	1,08	17	0,42	
	Bw1	45,9	42,0	36,8	33,8	33,5	82	84	1,08	14	0,41	
	Bw2	45,3	42,7	36,2	32,8	32,7	79	84	1,08	16	0,41	
	Bw3	48,4	44,2	36,6	34,0	33,3	78	83	1,18	14	0,43	
	BC	45,8	42,3	35,0	33,2	32,4	75	81	1,05	14	0,43	
C1	44,2	40,9	33,4	31,4	30,5	69	76	1,19	18	0,44		
C2	45,5	39,9	33,7	31,8	31,2	72	78	n.d.	18	0,43		

Continua

Tabela 5 - Continuação.

Solo	Hori- (perfil) zonte	umidade (% volume)				Argila		Densidade aparente	silte	15 atm argila
		0,10	0,33	1,00	5,00	15,00	Determi- nada			
PC-4	Aup	48,4	43,2	35,8	31,6	30,8	84	77	0,83	0,37
	Bw1	46,6	40,6	34,4	33,9	32,7	84	82	1,10	0,39
	Bw2	46,8	40,9	35,6	33,5	32,7	84	82	1,10	0,39
	Bw3	47,4	38,7	35,5	34,7	32,9	80	82	0,96	0,40
	Bw4	48,4	40,2	36,7	34,7	33,3	85	83	0,94	0,39
	Bwb	48,3	42,2	37,6	35,7	34,3	85	86	n.d.	0,40
PC-5	Aec	37,9	32,8	28,5	27,5	25,5	65	64	n.d.	0,39
	BW	45,1	42,3	38,2	33,7	33,4	72	93	n.d.	0,46
	Cl	56,4	50,7	45,2	40,1	38,5	74	96	n.d.	0,52
	C2	59,7	53,4	48,0	41,5	40,3	76	100	1,15	0,53
PC-6	Au	52,8	45,7	39,0	31,9	31,2	72	78	0,97	0,43
	AB	43,0	37,9	33,7	28,6	28,0	70	70	1,13	0,40
	BA	38,8	34,8	31,4	27,9	26,5	72	66	1,24	0,37
	BwC	32,0	29,2	27,8	24,2	23,5	63	59	n.d.	0,37
	BC	48,4	43,8	39,3	34,2	32,1	67	80	1,23	0,48
PC-7	Au	46,8	40,2	31,3	29,7	27,7	68	69	1,09	0,41
	AB	44,4	40,3	32,2	30,0	28,2	74	70		0,38
	Bw1	42,4	39,2	32,3	30,4	30,3	79	76	1,21	0,38
	Bw2	43,6	37,9	32,3	30,7	30,5	80	76	1,24	0,38
	Bw3	44,8	38,2	32,7	31,6	29,2	83	73	1,18	0,35
	Aub	45,0	36,1	35,5	35,4	33,0	66	82	0,91	0,50
	Bwb	41,6	40,2	35,1	34,3	32,3	77	81	n.d.	0,42

1/ Teor de argila calculada na base de 2,5 x % retenção de água em 15 atmosferas.
n.d.= não determinado.

Figura 12 - Curvas características de unidade dos perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4, da área I.

Figura 13 - Curvas características de umidade dos perfis PC-5, PC-6 e PC-7, da área II.

do de argila determinada e a calculada, observada principalmente nos horizontes mais inferiores dos perfis PC-1, PC-2, PC-5 e PC-6, está relacionada à presença de maiores quantidades de silte nesses horizontes que apresentaria comportamento semelhante ao da fração argila, em relação à retenção de água pelos solos.

Convém salientar, mais uma vez que, em relação as propriedades físicas não há diferenças significativas entre os perfis estudados. Por outro lado, principalmente quanto as características de textura, superfície específica e densidade, são semelhantes a solos classificados como latossolos. Além disso, não há distinção, pelo menos nestas propriedades, entre os horizontes B, Bb e (B).

5.3. Propriedades químicas

5.3.1. Matéria orgânica e tipo de humus

Os teores de carbono (Tabela 6 e Apêndice I) dos solos são extremamente variáveis de 0,03 a 3,63 %, decrescendo, regra geral, com a profundidade. Entretanto, com relação aos perfis PC-4, PC-7 e PC-8, isto não acontece, pela ocorrência de valores altos de carbono também nos horizontes Bw3 e Aub, respectivamente, onde observa-se dois segmentos nessa tendência (Figura 14), a qual relaciona-se à presença de solos enterrados.

Os teores elevados de carbono nos horizontes superficiais destes solos relacionam-se com a altitude da região e com a estabilização da matéria orgânica pelos colóides do solo associados com íons.

Tabela 6 - Propriedades químicas dos solos estudados nas áreas I e II.

Solo (per- fil)	Hori- zonte	me/100 g										%		Satur. Al ³⁺	TiO ₂	Kl	Kr
		H ₂ O	KCl	pH	Δ pH	S	Al ³⁺	H ⁺	CTC	V	C	C					
PC-1	Au	4,8	3,8	-1,0		2,4	5,1	7,9	15,4	16	3,30		0,58	68		1,69	1,50
	AB	4,7	4,0	-0,7		0,6	5,7	5,3	11,6	5	2,27		0,57	90		1,66	1,47
	Bw1	4,9	4,1	-0,8		0,3	4,9	3,0	8,2	4	1,01		0,61	94		1,67	1,48
	Bw2	5,0	4,1	-0,9		0,3	5,0	1,5	6,8	4	0,63		0,57	94		1,66	1,49
	BC	5,1	4,0	-1,1		0,3	5,4	1,9	7,6	4	0,32		0,61	95		1,76	1,58
	Cl	5,6	4,0	-1,6		0,3	6,9	1,5	8,7	3	0,11		0,55	96		1,89	1,71
	C2	5,5	3,9	-1,6		0,3	8,4	1,0	9,7	3	0,06		0,55	97		1,95	1,78
PC-2	Aup	5,1	4,2	-0,9		7,0	1,5	7,8	16,3	43	2,52		0,59	18		1,66	1,43
	AB	4,8	3,9	-0,9		4,6	2,9	8,0	15,5	30	2,51		0,62	39		1,62	1,41
	Bw1	4,7	4,1	-0,6		0,9	4,5	4,7	10,1	9	1,65		0,61	83		1,57	1,36
	Bw2	4,6	4,1	-0,5		0,9	4,1	3,0	8,0	11	0,72		0,65	82		1,77	1,53
	BC	4,7	4,0	-0,7		0,7	7,1	1,7	9,5	7	0,35		0,76	91		2,13	1,86
	Cl	5,1	4,2	-0,9		0,4	8,1	0,8	9,3	4	0,07		0,73	95		2,42	2,11
	C2	5,2	4,2	-1,0		0,3	7,8	0,6	8,7	3	0,03		0,75	96		2,44	2,14
PC-3	Aup	5,0	4,2	-0,8		3,8	1,5	7,6	12,9	29	2,42		0,76	28		1,26	1,10
	AB	4,8	4,6	-0,2		1,3	1,8	6,4	9,5	14	1,79		0,83	58		1,19	1,04
	BA	5,0	4,7	-0,3		0,7	0,4	4,9	6,0	12	1,09		0,91	36		1,24	1,06
	Bw1	4,9	4,7	-0,2		0,4	0,2	4,4	5,0	8	0,74		0,82	33		1,22	1,03
	Bw2	5,2	5,6	+0,4		0,2	0,2	4,2	4,6	4	0,67		0,94	50		1,20	0,96
	Bw3	5,7	5,2	+0,5		0,2	0	2,1	2,3	9	0,34		1,02	0		1,20	1,00
	BC	5,6	4,3	-1,3		0,2	0	2,9	3,1	6	0,35		1,03	0		1,20	1,01
	Cl	5,5	4,5	-1,0		0,2	1,0	3,2	4,4	5	0,24		1,01	83		1,39	1,19
	C2	5,3	4,0	-1,3		0,2	0,8	3,0	4,0	5	0,24		0,84	80		1,30	1,09

Continua

Tabela 6 - Continuação.

Solo (per- fil)	Hori- zonte	pH		me/100 g			%			TiO ₂	Ki	Kr		
		H ₂ O	KCl Δ pH	S	Al ³⁺	H ⁺	CTC	V	C				Satur. Al ³⁺	
PC-4	Aup	4,8	4,0	-0,8	2,9	2,2	10,3	15,4	19	3,22	43	0,83	1,16	1,00
	Bw1	4,9	4,2	-0,7	1,4	1,3	5,9	8,6	16	1,75	48	0,83	1,11	0,95
	Bw2	4,7	4,3	-0,4	0,5	1,0	4,7	6,2	8	0,94	67	0,80	1,25	1,06
	Bw3	4,9	5,0	+0,1	0,9	0,8	4,9	6,6	14	1,04	47	0,83	1,13	0,94
	Bw4	4,5	4,4	+0,1	0,5	0,6	4,7	5,8	9	0,71	55	0,82	1,21	1,04
	Bwb	5,1	5,2	+0,1	0,3	0	2,8	3,1	10	0,35	0	0,96	1,05	0,88
PC-5	Aec	5,0	4,4	-0,6	0,8	3,0	6,1	9,9	8	2,82	79	0,42	1,54	1,22
	(B) w	5,2	4,3	-0,9	0,2	0,9	2,7	3,8	5	0,65	82	0,48	1,66	1,31
	C1	5,5	4,2	-1,3	0,2	1,3	1,8	3,3	6	0,24	87	0,47	1,98	1,64
	C2	5,3	4,2	-1,1	0,2	2,4	1,1	3,7	5	0,15	92	0,59	2,18	1,97
PC-6	Au	4,7	3,9	-0,8	0,7	5,4	8,5	14,6	5	3,63	89	0,51	1,51	1,27
	AB	4,7	3,9	-0,8	0,2	4,4	6,3	10,9	2	2,23	96	0,51	1,29	1,08
	BA	4,8	4,0	-0,8	0,2	3,2	4,3	7,7	3	1,51	94	0,55	1,27	1,07
	BwC	5,3	4,1	-1,2	0,2	1,6	3,8	5,6	4	0,99	89	0,48	1,19	0,84
	BC	5,6	4,5	-1,1	0,2	0,5	2,0	2,7	7	0,31	71	0,88	1,50	1,28
PC-7	Au	4,8	3,9	-0,9	0,5	4,4	7,7	12,6	4	2,88	90	0,53	1,47	1,22
	AB	4,8	3,9	-0,9	0,2	4,0	6,3	10,5	2	1,99	95	0,51	1,48	1,24
	Bw1	5,0	4,1	-0,9	0,2	3,3	4,3	7,8	3	1,06	94	0,61	1,47	1,22
	Bw2	5,1	4,1	-1,0	0,2	3,1	4,2	7,5	3	1,04	94	0,63	1,53	1,28
	Bw3	5,0	4,1	-0,9	0,2	2,9	4,7	7,8	3	1,07	94	0,70	1,46	1,21
	Aub	5,4	4,3	-1,1	0,2	2,3	12,0	14,5	1	2,59	92	0,64	1,40	1,12
	Bwb	5,8	4,9	-0,9	0,2	0,1	3,0	3,3	6	0,42	33	0,58	1,21	0,99

Tabela 6 - Continuação.

Solo (per- fil)	Horiz- onte	pH		me/100 g		%			Satur. Al ³⁺	TiO ₂	Kl	Kr
		H ₂ O	KCl	Δ pH	S	Al ³⁺	H ⁺	CTC	V	C		
PC-4	Aup	4,8	4,0	-0,8	2,9	2,2	10,3	15,4	19	3,22	1,16	1,00
	Bw1	4,9	4,2	-0,7	1,4	1,3	5,9	8,6	16	1,75	1,11	0,95
	Bw2	4,7	4,3	-0,4	0,5	1,0	4,7	6,2	8	0,94	1,25	1,06
	Bw3	4,9	5,0	+0,1	0,9	0,8	4,9	6,6	14	1,04	1,13	0,94
	Bw4	4,5	4,4	+0,1	0,5	0,6	4,7	5,8	9	0,71	1,21	1,04
	Bwb	5,1	5,2	+0,1	0,3	0	2,8	3,1	10	0,35	1,05	0,88
PC-5	Aec	5,0	4,4	-0,6	0,8	3,0	6,1	9,9	8	2,82	1,54	1,22
	(B) w	5,2	4,3	-0,9	0,2	0,9	2,7	3,8	5	0,65	1,66	1,31
	C1	5,5	4,2	-1,3	0,2	1,3	1,8	3,3	6	0,24	1,98	1,64
	C2	5,3	4,2	-1,1	0,2	2,4	1,1	3,7	5	0,15	2,18	1,97
PC-6	Au	4,7	3,9	-0,8	0,7	5,4	8,5	14,6	5	3,63	1,51	1,27
	AB	4,7	3,9	-0,8	0,2	4,4	6,3	10,9	2	2,23	1,29	1,08
	BA	4,8	4,0	-0,8	0,2	3,2	4,3	7,7	3	1,51	1,27	1,07
	Bwc	5,3	4,1	-1,2	0,2	1,6	3,8	5,6	4	0,99	1,19	0,84
	BC	5,6	4,5	-1,1	0,2	0,5	2,0	2,7	7	0,31	1,50	1,28
PC-7	Au	4,8	3,9	-0,9	0,5	4,4	7,7	12,6	4	2,88	1,47	1,22
	AB	4,8	3,9	-0,9	0,2	4,0	6,3	10,5	2	1,99	1,48	1,24
	Bw1	5,0	4,1	-0,9	0,2	3,3	4,3	7,8	3	1,06	1,47	1,22
	Bw2	5,1	4,1	-1,0	0,2	3,1	4,2	7,5	3	1,04	1,53	1,28
	Bw3	5,0	4,1	-0,9	0,2	2,9	4,7	7,8	3	1,07	1,46	1,21
	Aub	5,4	4,3	-1,1	0,2	2,3	12,0	14,5	1	2,59	1,40	1,12
	Bwb	5,8	4,9	-0,9	0,2	0,1	3,0	3,3	6	0,42	1,21	0,99

Figura 14 - Variações do teor de carbono orgânico total na terra fina em profundidade dos perfis da área I e área II.

A altitude acima de 1 200 m condiciona temperaturas amenas durante todo o ano, com média anual em torno de 18°C, induzindo uma diminuição na atividade biológica. IGNATIEFF e LEMOS (1963) constataram que em altas temperaturas acima de 25°C a matéria orgânica é destruída mais rapidamente que em temperaturas mais baixas.

As moléculas orgânicas podem combinar-se com os altos teores de alumínio trocável para formar complexos organo-metálicos muito estáveis, as quais têm a propriedade de reduzir a ação de enzimas na transformação destes compostos, (BROADBENT et alii, 1964). VOLKOFF e CERRI (1981) observaram em solos do Amazonas a possibilidade de ocorrer a formação de compostos organo-metálicos com o alumínio e consequente fixação de moléculas orgânicas (humina) às argilas através dos íons Al^{3+} , proporcionando assim, maior acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais. Duchaufour, (1977) citado por LIMA (1979), tem observado a capacidade de o alumínio formar complexos organo-metálicos muito estáveis. Com relação à distribuição dos teores de carbono nestes perfis parece existir uma certa correlação com os teores de alumínio trocável (Al^{3+}). A existência da relação entre os teores de Al^{3+} trocável e os de matéria orgânica reflete a influência do alumínio na estabilização de compostos orgânicos escuros nos horizontes superficiais e enterrados desses solos. BROADBENT et alii (1964) observaram que solos contendo alofanos (material amorfo) apresentam uma menor taxa de mineralização da matéria orgânica. Isto ocorre pela formação de complexos estáveis com alumínio, de tal maneira que, as enzimas não podem reagir com as moléculas da matéria orgânica, as quais são preservadas de decomposição posterior.

A distribuição da matéria orgânica nos perfis PC-1, PC-2, PC-3, PC-5 e PC-6, Figura 14, caracteriza-se por apre

sentar uma diminuição gradual com a profundidade. No perfil PC-4 o decréscimo gradual vai até o horizonte Bw2, com aumento no horizonte Bw3 e diminuição em seguida. No perfil PC-7 o decréscimo que vai até o horizonte Bw1, se mantém, praticamente, constante até o horizonte Bw3, com aumento significativo no horizonte Aub e decrescendo bruscamente no horizonte Bwb. No perfil PC-8 também observa-se um aumento acentuado nos teores de carbono na parte mediana do mesmo, decrescendo em seguida (Apêndice I).

Este aumento dos teores de matéria orgânica em horizontes subsuperficiais dos perfis PC-4, PC-7 e PC-8, vem mais uma vez caracterizar a presença de solos enterrados e não processo de iluviação de matéria orgânica, tendo em vista que, na parte superior destes horizontes observa-se a presença de uma linha delgada de concreções lateríticas e bauxíticas, que pode ser evidência de superposição de novo material, considerando-se que os horizontes subjacentes àqueles, com teor elevado de matéria orgânica, são mais alterados que os horizontes sobrejacentes, podendo ser visualizados pelos valores de Ki e Kr (Tabela 6 e Apêndice I).

Os valores da relação C/N obtidos nos horizontes sucessivos (Apêndice I), variam de 1 a 15, com valores médios no horizonte A (10 a 15), baixos no horizonte B (5 a 11) e muito baixos no horizonte C (1 a 6), com passagem em geral gradativa dos horizontes superficiais para os mais inferiores.

As características do humus são muito variáveis entre os perfis, sendo que, os horizontes A dos solos são normalmente pobres em ácidos fúlvicos livres, mas ricos nas frações alcalino-solúveis (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos) e humina (Figuras 15 e 16). Enquanto que os horizontes B são em

Figura 15 - Variações da distribuição do carbono nas frações do humus, em profundidade dos perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4 da área I.

Figura 16 - Variações da distribuição do carbono nas frações do humus, em profundidade dos perfis PC-6 e PC-7 da área II.

geral mais ricos em ácidos fúlvicos livres e humina e pobres em alcalino-solúveis, com exceção do horizonte Bw2 do perfil PC-4 onde ocorre dominância das frações alcalino-solúveis e humina e do horizonte Aub do perfil PC-7, onde predomina as frações alcalino-solúveis.

Ao observar a composição do humus constata-se que os ácidos fúlvicos livres normalmente aumentam em profundidade, a exceção dos horizontes Bw2 e Aub dos perfis PC-4 e PC-7, respectivamente, como visto anteriormente. A comparação da composição do humus nas diversas profundidades mostra que quando os ácidos fúlvicos livres aumentam, a humina decresce em profundidade e vice-versa. A distribuição dos componentes do humus destes solos em profundidade apresenta uma certa discordância da observada por VOLKOFF e CERRI (1981) para solos da Amazonia, que encontraram valores relativamente constantes para humina em profundidade para cada perfil.

As proporções da composição do humus nestes solos são muito variáveis com os ácidos fúlvicos livres variando no intervalo compreendido entre 12 % a 41 %, os alcalino-solúveis de 16 % a 46 % e humina de 16 a 70 % do carbono total (Tabela 7).

Na fração alcalino-solúveis há uma predominância dos ácidos fúlvicos em relação aos ácidos húmicos em todos os perfis, com exceção para o horizonte Aub do perfil PC-7, onde observa-se a dominância do ácido humico extraído pelo pirofosfato.

A predominância dos ácidos fúlvicos nestes perfis em relação aos ácidos húmicos, deve-se ao menor peso molecular e maior mobilidade relativa dos primeiros em relação

Tabela 7 - Resultados do fracionamento do humus do solo^{1/}.

Solo (per- fil)	Hori- zonte	Profundi- dade (cm)	Mol ^{2/}	Hidros ^{3/} fúlvico livre	Pirofosfato ^{4/}			Soda ^{4/}			% do C total Humina
					Ácido húmico	Ácido fúlvico	Ácido húmico	Ácido húmico	Ácido fúlvico	Ácido fúlvico	
PC-1	Au	0- 12	0,34	0,90	2,04	5,97	3,93	5,02			69,28
	AB	12- 23	0,16	0,99	1,65	8,42	4,76	8,48			52,08
	Bw1	23- 45	0,09	0,50	1,50	6,60	3,82	6,97			53,55
PC-2	Aup	0- 19	0,64	0,52	4,04	7,30	6,66	6,68			56,79
	AB	19- 35	0,32	0,78	2,53	7,23	4,21	4,71			64,33
	Bw1	35- 52	0,24	0,52	1,52	8,11	0,96	9,71			50,94
PC-3	Aup	0- 25	0,87	0,58	5,39	7,35	5,39	8,45			44,93
	AB	25- 40	0,22	0,56	2,46	8,61	3,11	9,64			42,35
	BA	40- 58	0,46	0,36	1,02	8,11	0,76	8,57			44,64
	Bw1	58- 84	0,15	0,38	1,23	9,61	1,61	6,38			33,23
PC-4	Aup	0- 32	0,73	0,52	2,29	8,69	1,56	3,61			65,61
	Bw1	32- 65	1,34	0,45	2,23	11,51	2,41	8,96			41,57
	Bw2	65-105	0,16	0,16	1,35	22,62	1,90	7,14			39,76
PC-6	Au	0- 15	0,26	0,81	3,97	4,72	1,19	11,56			65,64
	AB	15- 27	0,20	0,82	2,85	8,63	3,42	11,64			46,89
	BA	27- 48	0,20	0,67	2,08	9,50	1,37	12,64			40,36
PC-7	Au	0- 15	0,23	0,81	5,24	6,76	2,96	9,62			54,35
	AB	15- 24	0,24	0,82	3,82	7,82	1,07	13,02			44,04
	Bw1	24- 57	0,10	0,40	3,32	9,76	3,87	8,76			42,73
	Bw2	57-104	0,24	0,54	2,38	9,60	1,91	10,67			37,27
	Bw3	104-140	0,37	0,43	4,12	10,65	4,25	8,80			29,85
	Aub	140-175	0,05	0,20	23,36	12,73	2,44	7,08			16,07
	Bwb	175-265	0,59	0,47	1,42	4,96	1,18	5,55			47,40

1/ Todos os valores desta tabela correspondem a percentagem do carbono total. 2/ Matéria orgânica leve. 3/ Hidrossolúveis. 4/ Frações alcalino-solúveis, 84.

aos segundos, favorecidos pelas condições de excessiva lixiviação predominantes nestes solos. GOH (1980) tem observado que nos solos tropicais onde as condições de lixiviação são excessivas há dominância de ácidos fúlvicos em relação aos ácidos húmicos, concordando com o observado nestes solos.

A dominância de ácidos húmicos em relação aos ácidos fúlvicos na fração dos alcalino-solúveis no horizonte Aub do perfil PC-7, evidencia definitivamente a presença de solo enterrado, tendo em vista que os horizontes sobrejacentes e subjacentes não demonstram haver acumulação de ácidos húmicos. As proporções composicionais deste horizonte Aub é diferente da do horizonte A deste perfil (PC-7) que pode evidenciar uma ordem diferente ao material orgânico ou cessamento da atividade biótica pelo recobrimento do solo enterrado por outro material.

A concentração do húmus nos horizontes superficiais e sua diminuição em profundidade são uma indicação de que as moléculas orgânicas, precursoras das substâncias húmicas permanecem em grande parte na superfície e migram pouco em profundidade. Contudo, ocorre uma evidente penetração de húmus em profundidade, que pode resultar em coloração brunada em alguns horizontes, principalmente dos perfis PC-1, PC-2 e PC-7.

As moléculas constituídas pelos oxi-hidróxidos e argilas, mais solúveis e menos sensíveis às barreiras físico-químicas, seriam as únicas a penetrarem no solo. Há, assim, uma separação dos precursores para a formação de dois tipos de humus: um concentrado na superfície e outro difundido em profundidade. Na superfície destes solos há uma concentração na forma de frações alcalino-solúveis e humina e em profundidade são condensadas sob a forma de ácidos fúlvicos livres. A

distribuição mais uniforme das frações alcalino solúveis, nestes solos, principalmente, nos perfis PC-4, PC-6 e PC-7, se deve as moléculas que migram durante o período úmido e ao "amadurecerem", se fixam às argilas do solo, durante o período seco. Segundo VOLKOFF e CERRI (1981) as moléculas polimerizadas, podem despolimerizar-se produzindo moléculas pequenas que se movimentam em profundidade onde são novamente polimerizadas, sob condições alternadas de umedecimento e secamento. Esta distribuição está relacionada ao alto teor de umidade destes solos, durante a maior parte do ano, que facilita o movimento das moléculas orgânicas e fixação das mesmas ao solo, durante a estação seca.

A espessura e coloração dos horizontes A destes solos está em parte relacionada à altitude e ao clima ameno reinante no maciço alcalino de Poços de Caldas, e também a presença de pequenas moléculas orgânicas (humina) que ao penetrarem no solo podem se fixar as argilas pelo íon Al^{3+} ou ser precipitadas pelos oxi-hidróxidos de ferro (VOLKOFF, 1977), permitindo a estabilização da matéria orgânica, nesses horizontes e nos horizontes Bw3 e Aub dos perfis PC-4 e PC-7, respectivamente, assim como, do perfil PC-8.

TOKASHIRI e WADA (1975) consideram que o alumínio é um componente essencial na estabilização da matéria orgânica, contra a lixiviação e degradação biótica, não excluindo também a importância do material amorfo (alofanas) na contribuição à estabilidade. Isto pode em parte ser comprovado pelos valores relativamente altos de alumínio extraído pelo citrato-bicarbonato-ditionito (CBD) (Tabela 9) e material amorfo (Tabela 14).

A estabilização da matéria orgânica pela formação de complexos de matéria orgânica-argila e matéria orgânica-metal-argila promove e contribui para a agregação do solo, levando a um melhoramento das propriedades físicas.

5.3.2. Complexo sortivo e pH

Em relação ao pH, os dados obtidos (Tabela 6) mostram que estes solos são fortemente a moderadamente ácidos. Os valores de pH de maneira geral apresentam uma tendência em aumentar com a profundidade. Esta observação, porém, não é válida para os perfis PC-2 e PC-3, que apresentam valores de pH diminuindo dos horizontes superficiais até a parte média do perfil e em seguida passam a aumentar com a profundidade. Tal fato se deve à aplicação rotineira de calcário, nas áreas ocupadas por tais solos.

Verifica-se (Tabela 6) que os valores mais baixos de pH na superfície do solo, estão relacionados principalmente à dissociação do H^+ dos grupos carboxílicos da matéria orgânica.

Os dados de pH obtidos pelas medidas feitas em suspensão com KCl apresentam uma distribuição semelhantes aos determinados em água nos perfis PC-1, PC-2, PC-4, PC-5, PC-6 e PC-7, somente com os valores absolutos diferentes. Já no perfil PC-3 ocorre um aumento do valor de pH-KCl em profundidade até a parte média do perfil (horizonte Bw2) decrescendo em seguida. Os dados de pH podem evidenciar diferenças entre os solos, dependendo do sinal e magnitude do ΔpH . De acordo com MEKARU e UEHARA (1972) e VAN RAIJ e PEECH (1972) quando o ΔpH ($pH\ KCl - pH\ H_2O$) é negativo, significa que o solo tem uma carga líquida negativa e quando o ΔpH é positivo a carga líquida do solo é positiva.

Nos perfis PC-1, PC-2, PC-5, PC-6 e PC-7 há uma predominância de carga líquida negativa, baseadas nos valores de ΔpH , enquanto que nos perfis PC-3 e PC-4, nota-se a

presença de carga líquida positiva nos horizontes Bw2, Bw3 e BC, respectivamente, em razão destes solos apresentarem complexo coloidal dominado por caulinita e óxidos de Fe e Al, que exibem, normalmente, cargas elétricas variáveis com o pH.

Os valores do ΔpH negativos de pequena magnitude em torno ou inferior a unidade, para todos os perfis estudados aliados aos valores positivos, demonstram um avançado grau de intemperismo. No caso particular do PC-1 e mais especificamente o PC-2, ambos solos caracterizados preliminarmente como contendo horizonte câmbico, mais uma vez vem comprovar a não definição deste horizonte diagnóstico. Tais valores de ΔpH são semelhantes para solos oxidícos.

A soma de bases trocáveis (S), a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 e a saturação de bases (V %) (Tabela 6) são baixos, com valores mais altos nos horizontes superficiais, decrescendo com a profundidade. A distribuição dos resultados nos perfis sugere uma grande associação entre a CTC e o conteúdo de matéria orgânica, tendo em vista que, a mesma apresenta distribuição semelhante ao longo dos perfis. Os resultados mais elevados de S, CTC e V % nos horizontes superficiais dos solos da área I (perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4) em relação a área II (perfis PC-5, PC-6 e PC-7), com teores semelhantes de matéria orgânica, deve-se a contribuição de corretivos e fertilizantes aplicados a estes solos durante o uso agrícola.

Acidez trocável é representada pelos íons hidrogênio e alumínio. Os teores de Al^{3+} trocável e H^+ titulável a pH 7, variam respectivamente de 0 (zero) a 8,4 me/100 g de solo e 0,6 a 10,6 me/100 g de solo (Tabela 6), sendo também, normalmente mais altos na superfície, decrescendo com a profundidade, com exceção feita aos perfis PC-1 e PC-2, onde os teores de alumínio crescem com a profundidade. Tal fato parece estar

relacionado a remoção de algum alumínio não trocável pelo KCl 1 N. De acordo com AMEDEE e PECH (1976) pelo menos uma certa quantidade de alumínio extraído com KCl 1N, vem da solubilização de alumínio amorfos. Outro fator que deve ser considerado é a presença de material (mineral) instável ao pH do solo, responsável pela grande liberação de alumínio principalmente nos solos referentes aos perfis PC-1 e PC-2.

Os valores baixos de soma e saturação de bases, aliados ao pH ácido destes solos, contribuem para um aumento de íons de Al^{3+} e H^+ ocuparem as cargas negativas do complexo coloidal. Os teores de Al^{3+} trocável, superiores à soma de bases, conferem aos perfis em geral uma elevada saturação desse elemento, imprimindo aos solos um forte caráter álico. Quanto ao perfil PC-3, o mesmo seria distrófico, considerando que a saturação com Al^{3+} , no horizonte B, não é superior a 50 %.

Os resultados químicos obtidos nestes solos evidenciam uma fertilidade natural baixa e níveis tóxicos elevados de Al trocável.

A CTC efetiva nestes solos está intimamente relacionada ao conteúdo e a natureza da fração argila. Seus valores são extremamente variáveis, de 0,4 a 16,7 me/100 g de argila (Tabela 8), com valores mais elevados nos horizontes inferiores dos perfis PC-1 e PC-2, devido provavelmente à presença de minerais com carga negativa permanente.

A matéria orgânica do solo contribui substancialmente à capacidade de troca de cátions total do solo, que segundo Van Dijk (1971) citado por GOH (1980), chega a contribuir com 25 a 90 % do total da CTC de horizontes superficiais de solos minerais. A contribuição da matéria orgânica estimada pe-

Tabela 8 - Valores de CTC efetiva, CTC da matéria orgânica e CTC corrigida para carbono.

Solo (perfil)	Hori- zonte	C %	Al ³⁺	CTC pH 7,1/ me/100g	CTC efetiva ² / matéria orgânica ³ / argila ⁴	CTC pH 7/ 100 g de argila ⁵	CTC efeti va/100 g de argila ⁵	CTC corrigi da/100 g de argila ⁶
PC-1	Au	3,30	5,1	15,4	7,5	20,3	21,1	0,8
	AB	2,27	5,7	11,6	6,3	13,8	15,7	1,9
	Bw1	1,01	4,9	8,2	5,2	6,6	10,9	4,3
	Bw2	0,63	5,0	6,8	5,3	4,2	10,0	5,8
	BC	0,32	5,4	7,6	5,7	2,4	12,9	10,5
	Cl	0,11	6,9	8,7	7,2	1,1	20,2	19,1
	C2	0,06	8,4	9,7	8,7	0,5	18,6	18,1
PC-2	Aup	2,52	1,5	16,3	6,5	14,0	20,1	6,1
	AB	2,51	2,9	15,5	7,5	14,1	19,4	5,3
	Bw1	1,65	4,5	10,1	5,4	8,9	12,2	3,2
	Bw2	0,72	4,1	8,0	5,0	4,1	10,3	6,2
	BC	0,35	7,1	9,5	7,8	2,1	12,5	10,4
	Cl	0,07	8,1	9,3	8,5	0,4	13,7	13,2
	C2	0,03	7,8	8,7	8,1	0,2	15,0	14,8
PC-3	Au	2,42	1,5	12,9	5,3	13,6	16,1	2,5
	AB	1,79	1,8	9,5	3,1	10,5	12,5	1,9
	BA	1,09	0,4	6,0	1,1	6,1	7,5	1,4
	Bw1	0,74	0,2	5,0	0,6	4,1	6,1	2,0
	Bw2	0,67	0,2	4,6	0,4	3,7	5,8	2,1
	Bw3	0,34	0	2,3	0,2	1,9	2,9	1,0
	BC	0,35	0	2,9	0,2	2,1	4,1	2,0
	Cl	0,24	1,0	3,2	1,2	1,6	6,4	4,8
	C2	0,24	0,8	3,0	1,0	1,5	5,5	4,0

Continua

Tabela 8 - Continuação

Solo (perfil)	Hori- zonte	C %	Al ³⁺ -----	CTC pH 7 ¹ / me/100 g	CTC efetiva ² / -----	CTC matéria orgânica ³ / argila ⁴ / de argila ⁵ / da/100 g de	CTC pH 7/ de argila ⁴ / de argila ⁵ / da/100 g de	CTC corri- gi
PC-4	Aup	3,22	2,2	15,4	5,1	17,2	18,3	1,1
	Bw1	1,75	1,3	8,6	2,7	9,2	10,2	1,1
	Bw2	0,94	1,0	6,2	1,5	5,0	7,4	2,3
	Bw3	1,04	0,8	6,6	1,7	5,8	8,2	2,4
	Bw4	0,71	0,6	5,8	1,1	3,7	6,8	3,1
	Bwb	0,35	0	3,1	0,3	1,8	3,6	1,8
PC-5	Aec	2,82	3,0	9,9	3,8	19,5	15,2	-4,3
	Bw	0,65	0,9	3,8	1,1	4,0	5,3	1,2
	Cl	0,24	1,3	3,3	1,5	1,4	4,5	3,0
	C2	0,15	2,4	3,7	2,6	0,9	4,9	4,0
	Au	3,63	5,4	14,6	6,1	22,7	20,3	-2,4
PC-6	AB	2,23	4,4	10,9	4,6	14,3	15,6	1,3
	BA	1,51	3,2	7,7	3,4	9,4	10,7	1,2
	BwC	0,99	1,6	5,6	1,8	7,1	8,9	1,8
	BC	0,31	0,5	2,7	0,7	2,1	4,0	2,0
	Au	3,63	5,4	14,6	6,1	22,7	20,3	-2,4
	AB	2,23	4,4	10,9	4,6	14,3	15,6	1,3
PC-7	Au	2,88	4,4	12,6	4,9	19,0	18,5	-0,5
	AB	1,99	4,0	10,5	4,2	12,1	14,2	2,1
	Bw1	1,06	3,3	7,8	3,5	6,0	9,9	3,8
	Bw2	1,04	3,1	7,5	3,3	5,8	9,4	3,5
	Bw3	1,07	2,9	7,8	3,1	5,8	9,4	3,6
	Aub	2,59	2,3	14,5	2,5	17,6	22,0	4,4
	Bwb	0,42	0,1	3,3	0,3	2,4	4,0	1,6
	Au	2,88	4,4	12,6	4,9	19,0	18,5	-0,5

1/ CTC-pH 7/100 g solo; 2/ CTC efetiva/100 g de solo; 3/ CTC-matéria orgânica/100 g de argila ob-
tida pela fórmula 4,5 x %C x 100/argila total; 4/ CTC - pH 7/100 g de argila; 5/ CTC efetiva/
100 g de argila; 6/ CTC corrigida para carbono/100 g de argila.

lo método gráfico proposto por BENNEMA (1966) não pode ser aplicado a todos estes solos (Figura 17), devido não se observar boa correlação entre os teores de matéria orgânica (carbono) e os de CTC/100g de argila, principalmente nos perfis PC-1, PC-2, PC-3, PC-4 e PC-7.

A contribuição da matéria orgânica à CTC nos horizontes superficiais calculada pela fórmula: $4,5 \times \% C \times 100 / \text{argila total}$; compreende valores de 9,2 a 22,7 me/100 g de argila; em alguns horizontes são superiores ao da CTC total do solo, evidenciando a presença de matéria orgânica com CTC mais baixa que a estimada pela fórmula, uma vez que os valores estimados superam os 90 % da CTC total do solo.

A CTC corrigida (Tabela 8) apresenta valores normalmente baixos na maior parte dos perfis, com exceção dos horizontes inferiores dos perfis PC-1 e PC-2, evidenciando , portanto a dominância de argila de baixa atividade.

5.3.3. Relação K_i e K_r

Os valores da relação moleculares K_i e K_r (Tabela 6) variam nestes solos respectivamente de 1,05 a 2,44 e de 0,84 a 2,14. Considerando-se os valores destas relações estes solos são muito alterados. Dentre eles os mais intemperizados seriam os correspondentes aos perfis PC-3 e PC-4, com valores de K_i entre 1,05 e 1,39, enquanto que os perfis PC-1 e PC-2, seriam os menos intemperizados com valores de 1,57 a 2,44, com os demais perfis estando em situação intermediária.

Além deste fato os valores das relações moleculares dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, principalmente a partir dos horizontes Bw2, Bw3 e Bwb respectivamente, são ligeiramen

Figura 17 - Representação gráfica da contribuição da matéria orgânica na CTC do solo: (a) referente aos perfis PC-1, PC-2, PC-3 e PC-4 da área I; (b) correspondente aos perfis PC-5, PC-6 e PC-7 da área II.

te inferiores aos horizontes acima, evidenciando a presença de material do solo mais alterado.

Os valores de titânio, além de serem baixos, são variáveis em profundidade, o que vem demonstrar uma certa homogeneidade no material de partida. Os perfis PC-4 e PC-7 apresentam quebra nesta homogeneidade ilustrando novamente a ocorrência de paleossolos.

5.3.4. Balanço de cargas

A distribuição de cargas nos solos estudados, determinados pela adsorção de K^+ e Cl^- do KCl, são apresentados na Tabela 9. Estes resultados mostram adsorção simultânea não só de cátions como de ânions e como tal indicam a coexistência de cargas elétricas negativas e positivas nos solos. A carga líquida negativa está presente em todos os perfis, enquanto que carga líquida positiva ocorre nos horizontes Bw2, Bw3 e BC do perfil PC-3, no horizonte BC do perfil PC-6 e no horizonte Bwb dos perfis PC-4 e PC-7.

Os valores de carga negativa são mais expressivos nos perfis PC-1 e PC-2 e nos horizontes superficiais dos demais solos. A diferença marcante nos valores de carga negativa está relacionada principalmente no conteúdo de matéria orgânica mais elevada nos horizontes superficiais que nos inferiores. De acordo com VAN RAIJ e PEECH (1972) e MORAIS et alii (1975) a matéria orgânica seria a principal contribuinte para carga elétrica negativa dos solos de regiões tropicais.

A magnitude das cargas negativas observadas nos perfis PC-1, PC-2 e PC-5, não estaria relacionada somente à matéria orgânica, tendo em vista que, o conteúdo da mesma decresce

Tabela 9 - Cargas elétricas negativa, positiva e líquida, teores de Al^{3+} trocável, carbono, Fe_2O_3 (CBD) na fração terra fina (<2mm) e material amorfo e dibsita na fração argila dos horizontes selecionados para análise mineralógica.

Solo (perfil)	Hori- zonte	pH	Cargas			Al^{3+}	C	Fe_2O_3	Material	
			negativa	positiva	líquida				amorfo	Gib- bista
			-----	-----	----- me/100g -----	-----	-----	----- % -----	-----	-----
PC-1	Au	4,6	-8,12	+1,42	-6,70	5,1	3,30	4,32	22,6	9
	Bw1	4,7	-7,06	+2,31	-4,75	4,9	1,01	4,54	21,9	11
	BC	4,8	-6,71	+2,18	-4,53	5,4	0,32	4,76	21,7	8
	C2	4,9	-9,51	+2,08	-7,49	8,4	0,06	3,07	25,1	1
PC-2	Aup	4,7	-7,93	+0,93	-7,00	1,5	2,52	6,55	23,2	9
	Bw1	4,7	-6,87	+1,73	-5,14	4,5	1,65	7,14	25,0	12
	BC	4,8	-9,20	+5,75	-3,45	7,1	0,35	4,20	17,2	6
	C2	5,0	-9,22	+1,78	-7,44	7,8	0,03	3,89	12,5	2
PC-3	Aup	4,8	-8,54	+1,49	-7,05	1,5	2,42	6,18	15,5	7
	BA	4,8	-4,67	+3,01	-1,66	0,4	1,09	8,00	14,8	28
	Bw2	4,8	-3,65	+3,93	+0,28	0,2	0,67	8,56	15,0	31
	Bw3	5,2	-3,27	+3,98	+0,61	0	0,34	9,19	11,0	37
	BC	4,9	-3,84	+4,43	+0,59	0	0,35	8,25	16,0	29
	C2	4,7	-5,25	+4,19	-1,06	0,8	0,24	7,49	12,4	23
PC-4	Aup	4,6	-5,74	+1,35	-4,39	2,9	3,22	7,55	17,1	28
	Bw1	4,6	-4,19	+2,01	-2,18	1,4	1,75	7,48	19,5	24
	Bw2	4,6	-4,32	+2,77	-1,55	0,5	0,94	7,31	19,5	22
	Bw3	4,7	-3,85	+3,06	-0,79	0,9	1,04	7,54	22,4	19
	Bwb	4,9	-2,26	+3,40	+1,13	0,3	0,35	8,18	10,0	39

Continua

Tabela 9 - Continuação.

Solo (perfil)	Hori- zonte	pH	negativa	Cargas positiva me/100 g	líquida	Al ³⁺	C	Fe ₂ O ₃ %	Material amorfo	Gib- bisita
PC-5	Aec	4,7	-4,92	+1,82	-3,10	3,0	2,82	11,20	15,9	21
	Bw	4,9	-3,03	+2,72	-0,31	0,9	0,65	10,99	10,8	9
	Cl	4,9	-3,78	+2,21	-1,57	1,3	0,24	7,09	10,5	5
	C2	4,9	-4,12	+0,78	-3,34	2,4	0,15	4,04	7,0	4
PC-6	Au	4,6	-6,90	+1,66	-5,24	5,4	3,63	8,56	18,6	11
	BA	4,6	-5,25	+1,74	-3,51	3,2	1,51	9,10	16,1	16
	BC	4,8	-2,12	+2,64	+0,52	0,5	0,31	8,20	11,9	12
PC-7	Au	4,7	-5,80	+1,03	-4,77	4,4	2,88	8,10	20,6	11
	Bw1	4,6	-5,11	+1,72	-3,39	3,3	1,06	9,14	18,7	11
	Bw3	4,6	-5,21	+2,84	-2,37	2,9	1,07	8,57	19,6	15
	Aub	4,7	-5,50	+2,69	-2,81	2,3	2,59	9,65	22,1	13
	Bwb	4,9	-2,85	+2,93	+0,08	0,1	0,42	8,93	11,6	32

ce em profundidade, não sendo observado a mesma tendência para as cargas. Tal fato pode ser atribuído à presença nestes solos de mineral que possua superfície de carga negativa permanente. Segundo VAN RAIJ e PEECH (1972) e KENG e UEHARA (1974) os colóides do solo que apresentam superfície de carga negativa permanente são os minerais de argila do tipo 2:1. Nestes solos a presença de carga negativa permanente pode ser atribuída aos minerais micaceos na fração argila.

A presença de cargas positivas nestes solos pode ser atribuída aos óxidos e hidróxidos de Fe, Al, Ti, Mn, caulinita e alofana (material amorfo) que apresentam cargas dependentes de pH. De acordo com VAN RAIJ e PEECH (1972) e KENG e UEHARA (1974) são tais óxidos e caulinita, quartzo e sílica amorfa, os minerais do solo que apresentam carga superficial variável. Como nestes solos há presença desses minerais, talvez com exceção de sílica amorfa, na sua composição mineralógica, estaria assim explicado a presença de carga positiva nos mesmos. Os valores de pH na determinação das cargas elétricas considerados relativamente baixos, permitiu a estes solos exibirem as cargas positivas. De acordo com PARFITT (1980) os óxidos e hidróxidos de Fe e Al, carregam mais cargas positivas em valores baixos de pH. Enquanto que, GALLEZ et alii (1976) admitem que o total das cargas de superfície da caulinita e dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, não depende só do pH, mas também, da natureza e concentração dos eletrólitos na solução do solo.

O efeito do pH nas cargas positivas e negativas dos solos é provavelmente devido aos mecanismos de transferência de prótons na matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio e margens de caulinita (PARKS, 1967; CASHEN, 1968 e HINGSTON et alii, 1972).

Nestes solos é muito provável ter havido influência do pH e concentração dos eletrolitos na determinação de suas características de cargas.

A carga líquida foi obtida pela diferença entre a carga negativa e a carga positiva, determinada em KCl 0,1 N. A carga líquida nestes solos parece relacionar-se às diferenças de matéria orgânica, argila e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. A carga líquida positiva observada nos perfis PC-3, PC-4, PC-6 e PC-7, estaria relacionada aos teores mais elevados de gibbsita nos horizontes desses perfis. Enquanto que a magnitude da carga líquida negativa refere-se à presença de matéria orgânica nos horizontes superficiais e possivelmente ao conteúdo de mica na fração argila, de modo que seu comportamento a este respeito, corresponde a um colóide do tipo carga permanente nos horizontes subsuperficiais onde os conteúdos de matéria orgânica são baixos. MEKARU e UEHARA (1972) estudando solos do Havai aventaram a possibilidade da mica na fração argila apresentar comportamento semelhante aos colóides de carga permanente, para explicar a presença de cargas negativas em valores baixos de pH.

Os valores de PCZ e de carga elétrica líquida dos solos, determinados por titulação potenciométrica, tendo como solução eletrolítica de equilíbrio o KCl, são mostrados na Tabela 10 e Figuras 18 e 19. Os valores de PCZ dos horizontes A e B dos perfis PC-1 e PC-2 são 3,7 e 3,5, respectivamente, enquanto que, nos demais perfis estes valores são mais altos no horizonte B que no horizonte A. Nos perfis PC-1, PC-2, PC-6 e PC-7 observa-se uma pequena diferença nos valores de PCZ entre estes solos e horizontes, os quais variam de 3,4 a 3,7. Esta pequena diferença do PCZ entre os horizontes A e B destes perfis pode ser atribuído à presença de mineral que comporte-se como colóide de carga negativa permanente.

Tabela 10 - Valores de pH, PCZ e outras características químicas de horizontes selecionados dos solos da área I e II.

Solo (per- fil)	Hori- zonte	pH		PCZ	Carbono %	Fe ₂ O ₃ CBD	Material amorfos	Gibbsita	Mica	Al ³⁺
		H ₂ O	KCl							
		% tração argila ----- me/100g								
PC-1	Au	4,8	3,8	3,7	3,30	4,13	26,6	9	17	5,1
	Bw2	5,0	4,1	3,7	0,63	4,34	21,7	9	18	5,0
PC-2	Au	5,1	4,2	3,5	2,52	6,25	23,2	9	11	1,5
	Bw2	4,6	4,1	3,5	0,72	6,83	20,0	9	20	4,1
PC-3	Aup	5,0	4,2	3,6	2,42	5,93	15,5	7	23	1,5
	Bw2	5,2	5,6	5,5	0,67	8,23	15,0	31	8	0,2
PC-4	Aup	4,8	4,0	3,6	3,22	7,23	17,1	28	9	2,2
	Bw3	4,9	5,0	5,1	1,04	7,28	22,4	19	11	0,8
PC-5	(B) _w	5,2	4,3	4,6	0,65	10,76	10,8	9	25	0,9
PC-6	Au	4,7	3,9	3,5	3,63	8,22	18,6	11	21	5,4
	BA	4,8	4,0	3,6	1,51	9,57	16,1	16	19	3,2
PC-7	Au	4,8	3,9	3,4	2,88	8,32	20,6	11	18	4,4
	Bw2	5,1	4,1	3,7	1,04	8,80	19,6	14	17	3,1

Figura 18 - Variação das cargas líquida em função do pH e diferentes concentrações de KCl de horizontes A e B dos perfis PC-1, PC-2 e PC-3.

Figura 19 - Variação das cargas líquida em função do pH e diferentes concentrações de KCl de horizontes A e B dos perfis PC-4, PC-6 e PC-7.

GALLEZ et alii (1976) consideram que a presença de cargas negativas permanentes nos solos onde não sejam detectados minerais de argila 2:1, deve-se a substituição estrutural na caulinita e óxidos de ferro. Tem sido evidenciado que a substituição isomórfica de Al^{3+} por Si^{4+} na camada tetraédrica da caulinita e a substituição estrutural de íons de Mg^{2+} e Li^{+} por Fe^{3+} na hematita e goethita dará lugar a uma superfície de carga negativa permanente excessiva (FOLLET, 1965 e GRIM, 1968).

A presumível existência de cargas negativas permanentes nestes solos pode ser considerada pelo baixo conteúdo de matéria orgânica no horizonte B em relação ao horizonte A (Tabela 8), não observando-se elevação significativa do PCZ no horizonte B dos perfis PC-1, PC-2, PC-6 e PC-7. De acordo com PARFITT (1980) o PCZ decresce com o aumento no conteúdo de matéria orgânica ou de minerais tendo substituição isomórfica elevada.

Quanto aos perfis PC-3 e PC-4 com valores de PCZ aumentando do horizonte A para o horizonte B observa-se a influência da matéria orgânica decrescendo o PCZ no horizonte A e a dos óxidos de ferro e alumínio (goethita, hematita e gibbsita) em elevar o valor do PCZ no horizonte B, pela pouca presença, ou inexistência, de cargas negativas permanentes nestes horizontes. No perfil PC-3 a maior diferença entre o PCZ do horizonte A (3,6) e do horizonte B (5,5) deve-se principalmente a gibbsita (31 % na fração argila) (Tabela 10).

GALLEZ et alii (1976) têm preconizado que o PCZ dos solos reflete o seu grau de intemperismo químico ou grau de dessilicatização, assim como, as características de cargas dos óxidos de Fe e Al no solo, na seguinte ordem: alfis -

solos < ultissolos < oxissolos com valores médios de PCZ de 3,4, 4,0 e 5,0, respectivamente. Em relação aos solos estudados os mais intemperizados são os correspondentes aos perfis PC-3 e PC-4 que têm valores de PCZ de 5,5 e 5,1 no horizonte B, respectivamente, estando portanto dentro dos oxissolos.

Admitindo-se a hipótese que o Al^{3+} trocável (Tabela 9) determinado com KCl, seja todo adsorvido pelas cargas negativas variáveis e permanentes, pode-se notar que as cargas negativas nestes solos variam de 0 (zero) a 8,4 me/100 g de solo.

Os resultados obtidos nestes solos permitem afirmar que os mesmos seguem o sistema de cargas variáveis, mesmo contendo alguma carga negativa permanente. Isto está de acordo com as constatações realizadas, para solos tropicais, com argila de baixa atividade, de apresentarem sistema de cargas variáveis, pelos estudos de VAN RAIJ (1972) e MORAIS et alii (1974) no Brasil, KENG e UEHARA (1973) com solos do Hawai e GALLEZ et alii (1976) com solos da Nigéria.

Os resultados químicos têm demonstrado que os solos são, regra geral, bem intemperizados, havendo na sequência distinção para os perfis PC-1, PC-2 e PC-5, menos evoluídos e os perfis PC-3, PC-4 e PC-7 mais intensamente intemperizados. Isto se explica pela posição que tais solos ocupam na paisagem (PC-3, PC-4 e PC-7), localizados em superfícies mais planas e estáveis, sujeitas a um fluxo vertical mais intenso, resulta num maior grau de intemperismo. Por outro lado, os outros perfis que se localizam em áreas mais elevadas, aci

dentadas e instáveis, estão mais sujeitas a erosão e um menor fluxo vertical, resultando em solos menos evoluídos. Quimicamente, todos os solos podem ser enquadrados como sendo oxisolos, mesmo os perfis PC-1, PC-2 e PC-5, que são mais rasos. O perfil PC-7 também, possuem cargas líquidas positivas, no horizonte Bwb, demonstrando, justamente, o avançado grau de intemperismo deste solo.

5.4. Mineralogia

5.4.1. Óxidos de ferro, alumínio e manganês

Os óxidos de ferro, alumínio e manganês extraídos do solo em três formas são apresentados na Tabela 11.

Os óxidos de ferro extraídos pelo método do ataque sulfúrico (H_2SO_4 1:1 + 0,8 % NaOH), ou Fe- H_2SO_4 são considerados óxidos de ferro totais por VETTORI (1966), pelo fato deste método extrair as mais diferentes formas de ferro encontradas no solo, inclusive o ferro retido nas camadas dos minerais de argila silicatada. Os teores de óxidos totais nestes solos variam de 5 a 12%, e de maneira geral apresentam um pequeno aumento com a profundidade, com exceção para o perfil PC-5, que apresentam valores mais altos nos horizontes superficiais, devido a estes horizontes serem residuais e zona de concentração de ferro.

Tabela 11 - Óxidos totais (H_2SO_4 1:1 e NaOH 0,8 %), livres (CBD) e amorfos ($Ox.NH_4$) de ferro, alumínio e manganês na fração terra fina (<2 mm) dos horizontes selecionados dos solos para análises mineralógicas.

Solo (perfil)	Hori- zon- te	Cor	H_2SO_4				CBD				Ox - NH_4			
			Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO		Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO		Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO	
PC-1	Au	7,5YR 3/2	5,6	28,5	0,22		4,32	3,84	0,037		0,45	1,13	0,033	
	Bw1	10YR 4/4	6,1	30,1	0,17		4,54	2,29	0,038		0,36	1,08	0,012	
	BC	5YR 4/6	5,7	31,5	0,16		4,76	2,31	0,034		0,21	0,78	0,027	
	C2	10YR 5/4	4,9	33,2	0,31		3,07	0,98?	0,088		0,18	0,73	0,063	
PC-2	Aup	7,5YR 3/2	7,1	28,8	0,36		6,55	4,28	0,081		0,45	1,11	0,082	
	Bw1	10YR 4/4	6,3	30,8	0,21		7,14	3,30	0,041		0,37	1,97	0,023	
	BC	7,5YR 5/2	6,6	28,6	0,88		4,20	2,73	0,224		0,15	0,53	0,186	
	C2	10YR 7/2	6,0	27,6	1,50		3,89	3,01	0,292		0,11	0,37	0,287	
PC-3	Aup	10YR 3/2	6,9	31,4	0,18		6,18	3,57	0,039		0,53	1,34	0,036	
	BA	7,5YR 5/6	8,2	30,8	0,10		8,00	4,30	0,010		0,43	1,32	0,010	
	Bw2	7,5YR 5/6	8,9	32,7	0,12		8,56	3,85	0,048		0,54	1,14	0,045	
	Bw3	2,5YR 3/5	9,7	31,9	0,16		9,19	2,73	0,038		0,47	1,08	0,028	
	BC	5YR 4/6	8,9	31,8	0,19		8,25	2,77	0,052		0,36	1,02	0,046	
	C2	5YR 5/6	9,2	30,5	0,27		7,48	3,55	0,026		0,32	0,93	0,010	
PC-4	Aup	10YR 3/3	7,6	29,5	0,10		7,55	3,34	0,045		0,43	1,53	0,025	
	Bw1	7,5YR 4/4	8,1	30,8	0,19		7,48	3,31	0,041		0,37	1,35	0,019	
	Bw2	7,5YR 4/6	8,8	31,1	0,21		7,31	3,23	0,069		0,48	1,85	0,118	
	Bw3	2,5YR 3/6	9,6	30,3	0,29		7,54	3,33	0,097		1,04	1,73	0,174	
	Bwb	2,5YR 4/6	9,8	32,1	0,12		8,18	3,62	0,033		0,54	1,31	0,019	

Continua

Tabela 11 - Continuação.

Solo (per- fil)	Hori- zon- te	Cor	H ₂ SO ₄				CBD				Ox - NH ₄			
			Fe ₂ O ₄	Al ₂ O ₃	MnO		Fe ₂ O ₄	Al ₂ O ₃	MnO		Fe ₂ O ₄	Al ₂ O ₃	MnO	
PC-5	Aec	7,5YR 4/2	11,2	27,6	2,19		11,20	4,17	0,480		0,49	0,78	0,379	
	(B)w	7,5YR 5/6	11,7	28,5	1,35		10,99	3,10	0,512		0,24	0,67	0,773	
	C1	5YR 6/7	9,3	28,5	0,38		7,09	2,37	0,054		0,07	0,39	0,053	
	C2	10YR 8/4	4,9	29,5	0,10		4,04	0,97	0,030		0,02	0,37	0,010	
PC-6	Au	7,5YR 3/2	8,7	28,4	0,14		8,56	3,17	0,106		0,31	0,69	0,041	
	BA	7,5YR 5/7	9,1	30,5	0,16		9,10	3,83	0,031		0,26	0,88	0,045	
	BC	5YR 6/8	8,2	30,8	0,17		8,20	2,98	0,042		0,06	0,49	0,037	
PC-7	Au	10YR 3/3	9,3	28,6	0,15		8,70	3,64	0,067		0,83	1,26	0,098	
	Bw1	7,5YR 4/4	9,5	29,1	0,20		9,14	3,83	0,078		0,47	1,17	0,058	
	Bw3	7,5YR 5/6	9,7	29,6	0,26		8,57	5,31	0,023		0,64	1,75	0,010	
	Aub	10YR 2/2	11,2	29,1	0,10		9,65	3,47	0,014		1,18	3,46	0,010	
	Bwb	2,5YR 4/8	10,7	30,9	0,18		8,93	3,73	0,042		0,65	1,04	0,020	

O conteúdo de óxidos de ferro extraído pelo método do citrato-bicarbonato-ditionito (CBD) ou Fed, considerados como óxidos de ferro livres por JACKSON (1969), são representados pela maior parte dos óxidos e hidróxidos cristalinos e amorfos de ferro, assim como, os sais e complexos orgânicos de ferro (McKEAGUE e DAY, 1966 e McKEAGUE et alii, 1971). De acordo com MOORE (1973) não se pode afirmar que o método do CBD extrai todo o ferro que não esteja retido nas camadas dos minerais silicatados. Os teores de óxidos de ferro livre (Fed) nos solos variam de 3% a 11%, com alguns valores iguais aos dos óxidos de ferro total. Segundo VETTORI (1975) o ferro livre deveria ser de aproximadamente 90 % do ferro total. Contudo, nestes solos observa-se uma diferença mais significativa entre estes valores, principalmente nos perfis PC-1 e PC-2. Essa diferença pode ser devida à presença nestes solos de minerais silicatados com Fe, ou de compostos de ferro bastantes resistentes à extração do mesmo com CBD. De acordo com JACKSON (1969) o método do CBD extrai os óxidos de ferro amorfos e os cristalinos, como hematita, goethita e lepidocrocita e parcialmente a magnetita e ilmenita. A presença de goethita altamente Al- substituída pode ser uma das causas, assim como, a magnetita que está presente no material de partida destes solos.

NORRISH e TAYLOR (1961), BIGHAN et alii (1978a), POMBO et alii (1982) e SCHWERTMANN (1983) comprovaram que a goethita e hematita, contendo quantidades elevadas de Al estrutural, além de decrescer o tamanho de partículas, também aumenta sua estabilidade e área superficial específica, indo influir na dissolução e estabilidade de agregados.

Os teores de $\text{Fe-H}_2\text{SO}_4$ e Fed mais elevados observados nos dois primeiros horizontes, assim como, a presença de concreções lateríticas no perfil PC-5, parece estar re-

lacionado à migração lateral do ferro da crista, e, sua emergência na transição crista encosta, onde, encontrando condições de oxidação, ocorrem precipitações isoladas inicialmente e formação de concreções lateríticas por repetição do processo (ALEXANDER e CADY, 1962). Segundo Aubert citado por MONIZ e JACKSON (1967) e SCHWERTMANN (1971), o ferro pode ser removido durante a evolução genética. Isto parece que está ocorrendo não só na área do perfil PC-5, mas também, nas quebras do relevo da superfície das áreas I e II, onde cores acromáticas são encontradas.

O método do oxalato de amônio extrai os óxidos de ferro considerados amorfos por McKEAGUE e DAY (1966), ou Fe-oxalato que é presumível remover os óxidos de ferro na forma amorfa ao raio-x, complexos orgânicos e somente pequena parte do ferro na forma cristalina. Os teores de óxidos de ferro amorfos (Fe-O) nos solos são muito baixos, com a tendência geral em decrescer com a profundidade, a exceção dos perfis PC-4 e PC-7 que não apresentam esta sequência, devido aos teores elevados de matéria orgânica (carbono) nos horizontes Bw3 e Aub, respectivamente.

Os teores de Feo mais elevados nos horizontes superficiais, decrescendo com a profundidade, e, nos horizontes Bw3 e Aub, dos perfis PC-4 e PC-7, respectivamente, demonstra existir uma relação entre eles e o conteúdo de matéria orgânica. Isto porque, segundo SCHWERTMANN et alii (1968) os compostos orgânicos podem reter os óxidos de ferro (e alumínio) amorfos, prevenindo ou retardando a sua cristalização, o que explica esta distribuição.

A relação Feo/Fed (Fe-oxalato/Fe-ditionito) (Tabela 12) ou "Fe ativo" (BLUME e SCHERTMANN, 1969) é uma indicação das quantidades relativas dos compostos de ferro

Tabela 12 - Relações entre os teores de ferro e alumínio extraídos por H_2SO_4 , CBD e $Ox-NH_4$, entre argila e ferro, e substituição de Al nos óxidos de ferro.

Solo (perfil)	Hori- zonte	$\frac{FeO}{x1000}$ Fed 2/	$\frac{AlO}{x1000}$ Al ₂ O ₃ /	ΔFe^*	Argila	Argila		Al-H ₂ SO ₄		mole % Al-subst
						Fe-H ₂ SO ₄	Fed	Fe-H ₂ SO ₄	Fe-H ₂ SO ₄	
PC-1	Au	100	290	1,28	73	13,03	16,90	7,98	52	
	Bw1	80	330	1,56	75	12,29	16,52	7,15	31	
	BC	40	380	1,20	59	10,35	12,39	8,67	34	
	C2	30	740	1,83	52	10,61	16,94	10,67	12	
PC-2	Aup	70	260	0,55	81	11,41	12,37	6,36	45	
	Bw1	50	600	0,16	83	11,37	10,60	6,62	23	
	BC	40	190	2,40	76	11,51	18,09	6,79	46	
	C2	30	180	2,11	58	9,67	14,91	7,22	52	
PC-3	Aup	90	370	0,72	80	11,59	12,94	7,14	38	
	BA	50	310	0,20	80	9,76	10,00	5,98	38	
	Bw2	60	300	0,34	79	8,88	9,23	5,77	35	
	Bw3	50	400	0,51	78	8,04	8,49	5,16	23	
	BC	40	370	0,65	75	8,43	9,09	5,61	26	
	C2	40	260	1,72	72	7,83	9,62	5,20	36	
PC-4	Aup	60	460	0,05	84	11,05	11,12	6,09	28	
	Bw1	50	410	0,62	84	10,37	11,23	5,97	30	
	Bw2	60	570	1,49	84	9,54	11,49	5,54	24	
	Bw3	140	580	2,06	80	9,30	10,61	4,95	28	
	Bwb	70	360	1,62	85	8,67	10,39	5,13	32	

Continua

Tabela 12 - Continuação.

Solo (perfil)	Hori- zonte	FeO Fed	$\frac{\text{FeO}}{\text{Fed}} \times 1000$	$\frac{\text{Alo}}{\text{Ald}} \times 1000$	ΔFe^*	Argila	$\frac{\text{Argila}}{\text{Fe-H}_2\text{SO}_4}$		$\frac{\text{Al-H}_2\text{SO}_4}{\text{Fe-H}_2\text{SO}_4}$		mole % Al-subs
							Argila	Fed	Al-H ₂ SO ₄	Fe-H ₂ SO ₄	
PC-5	Aec	40		190	0	65	5,80	5,54	3,87		32
	Bw	20		220	0,71	72	6,15	6,55	3,82		29
	Cl	10		160	2,21	74	7,96	10,44	4,81		31
	C2	10		380	0,86	76	15,51	18,81	9,45		19
PC-6	Au	40		220	0,14	72	8,27	8,41	5,12		32
	BA	30		230	0	72	7,91	7,26	5,25		32
	BC	10		160	0	67	8,17	7,94	5,89		33
PC-7	Au	90		350	0,60	68	7,31	7,81	4,83		32
	BwL	50		300	0,36	79	8,31	8,64	4,80		32
	Bw3	70		330	1,13	83	8,56	9,68	4,79		41
	Aub	120		740	1,55	66	5,89	6,84	4,08		14
	Bwb	70		280	1,77	77	7,20	8,62	4,53		34

* $\Delta\text{Fe} = (\text{Fe-H}_2\text{SO}_4) - \text{Fed}$.1/ Feo e Alo - Fe e Al extraídos com oxalato de NH_4 ; c/ Fed e Ald - Fe e Al extraídos com CBD;3/ $\text{Fe-H}_2\text{SO}_4$ - Fe extraído com H_2SO_4 .

amorfos (Feo) e cristalinos, considerando-se que, a diferença entre os valores de ferro Fed e Feo representa a quantidade de ferro na forma cristalina, os resultados indicam que o conteúdo de ferro nos horizontes subsuperficiais estão em sua maior parte na forma cristalina. Os valores de ferro ativo mais elevados nos horizontes superficiais e nos horizontes Bw3 e Aub dos perfis PC-4 e PC-7, respectivamente, deve-se a ação da matéria orgânica em inibir a cristalização dos óxidos de ferro amorfos.

Ao considerar que óxidos de ferro cristalinos aumentam às expensas dos óxidos de ferro amorfos, com o aumento da idade do solo, vai refletir nos valores de ferro ativo (Fe ativo). ALEXANDER (1974) tem observado o Fe ativo decrescer com o aumento da idade do solo. Levando-se em consideração o ferro ativo, os solos correspondentes aos perfis PC-5 e PC-6, seriam os de maior idade entre os solos estudados.

A tendência dos valores de Fe ativo em decrescer com a profundidade, demonstra a inexistência de acúmulos de óxidos de ferro amorfos nos horizontes subsuperficiais. Mc KEAGUE e DAY (1966) têm observado que o Fe ativo serve como indicador de produtos recentes de intemperização e horizontes de acumulação. Os teores elevados de Fe ativo nos horizontes Bw3 e Aub nos perfis PC-4 e PC-7, não caracterizam horizontes de acumulação, devido os mesmos corresponderem a horizontes de solos enterrados.

A baixa relação Feo/Fed nos solos não excedendo a 140 indica que os óxidos de ferro estão em sua maioria na forma cristalina e, a predominância dos valores desta relação em torno de 60 ou menor, indica a presença de goethita nestes solos (SCHWERTMANN, 1964; GAMBLE e DANIELS, 1972; POTTER, 1977).

Os valores de ΔFe (Tabela 12) mais elevados, encontrados na maioria dos perfis, parece relacionar-se a resistência a dissolução dos óxidos de ferro com CBD (três vezes), devido a elevadas quantidades de Al-substituição, do que a presença de Fe nos minerais silicatados.

As relações argila:Fe-H₂SO₄ e argila:Fed, apresentam uma certa semelhança entre si, a exceção dos perfis PC-1, PC-2 e PC-5. A aparente constância destes valores com a profundidade, sugere que nestes solos não ocorre acumulações de ferro independente da concentração de argila. A variação observada nos perfis PC-1, PC-2 e PC-5, deve-se a um enriquecimento do ferro pelo fluxo lateral nesses perfis.

A respeito dos métodos de extração do ferro sobre o Al e Mn nos solos, BLUME e SCHWERTMANN (1969) sugerem que o Mn extraído com CBD consiste de Mn não retido nas camadas dos minerais silicatados. Enquanto que para o Al extraído por CBD grande parte do mesmo vem dos óxidos de ferro, apesar de serem fontes de Al, os argilo-minerais e óxidos cristalinos e amorfos de Al. NORRISH e TAYLOR (1961) observaram que grande parte do Al extraído dos solos na remoção dos óxidos de ferro, livre com CBD, foram originados da dissolução de goethita. Também observaram que a dificuldade na remoção de goethita usando tratamento simples de ditionito parece estar associado com a presença de Al na estrutura da goethita.

Os teores de óxidos de alumínio total (Al-H₂SO₄) variam nestes solos de 27 a 33 %, com valores relativamente mais baixos nos horizontes superficiais, e, com valores razoavelmente constantes nos horizontes subsuperficiais e superiores aos teores de óxidos de ferro. Esta constância nos valores de Al-H₂SO₄ parece evidenciar também uma certa homogeneidade ao material de partida dos solos.

Os teores de alumínio do extrato de CBD (Ald) Tabela 11) apresentam-se variando nos solos de 0,98 a 5,31 %, com valores mais elevados nos horizontes superficiais, decrescendo com a profundidade, a exceção dos perfis PC-4, PC-6 e PC-7, que não apresentam esta tendência. Tal fato parece estar associado à presença de matéria orgânica.

Os teores de Al extraídos com oxalato de amônio ácido (Ox-NH_4) compreende valores variando de 0,40 a 3,50 %, demonstrando uma tendência em decrescer com a profundidade semelhante ao do ferro amorfo, com as mesmas observações em relação os teores de Ald, para os perfis PC-4, PC-6 e PC-7. Os teores de Alo (Al-Ox-NH_4) mais elevados nos horizontes superficiais e decrescendo em profundidade nestes perfis, demonstra a existência de uma associação entre estes e o conteúdo de matéria orgânica. A mesma observação feita para os óxidos de ferro amorfos em relação a matéria orgânica por SCHWERTMANN *et alii* (1968) aplica-se aos teores de alumínio amorfos Alo para explicar esta distribuição.

Pelo fato de que os teores dos óxidos de alumínio extraídos com CBD (Ald) serem mais elevados do que aqueles dissolvidos pelo oxalato (Alo) (Tabela 11) seria uma indicação de sua origem numa matriz cristalina. Enquanto que, as pequenas quantidades de Fe_0 (Tabela 11) sugere que a mistura de óxidos cristalinos de ferro não seja uma fonte significativa de Alo (FEY e LEROUX, 1977).

Os teores de manganês total ($\text{Mn-H}_2\text{SO}_4$) (Tabela 11) nestes solos variam de 0,10 a 2,19 %, com a tendência geral em aumentar com a profundidade. O aumento da concentração em profundidade, relaciona-se ao movimento do elemento no sentido vertical no perfil, devido a solubilização do mesmo, à

partir da alteração de minerais que tenha o Mn como um dos seus constituintes. Esta assertiva parece comprovar-se através dos teores de manganês extraídos por ditionito (Mnd) e oxalato (Mno) que são mais baixos em relação ao $\text{Mn-H}_2\text{SO}_4$.

Os valores elevados de Mn nos horizontes superficiais do PC-5 deve-se a concentração na cascalheira em processo semelhante ao que ocorre com o ferro.

O conteúdo de Mnd e Mno determinados nestes solos apresentam distribuição semelhante aos do $\text{Mn-H}_2\text{SO}_4$, com os valores de Mnd normalmente superiores aos de Mno.

Os teores de óxidos de ferro total extraído pelo ataque sulfúrico ($\text{Fe-H}_2\text{SO}_4$), têm sido utilizados por BENNEMA e CAMARGO (1964) como característica diferencial na distinção de classes de Latossolos. Admitindo este critério, todos os perfis estudados seriam classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, por apresentarem valores de "Fe total", dentro do intervalo previsto para esta classe de solo ($\leq 9\%$ de Fe_2O_3 no horizonte B).

O conteúdo de óxidos de ferro e alumínio livre (CBD) e amorfos (Ox-NH_4) determinados na fração argila (Tabela 13), apresentam distribuição semelhante aos encontrados na fração terra fina ($< 2 \text{ mm}$) (Tabela 11).

A substituição de Al estrutural nos óxidos de ferro na fração argila ($< 2 \mu$) destes solos (Tabela 13), baseados nos valores de Fe e Al obtidos pelo CBD e oxalato, variam de 23 a 57 mole %. Segundo FITZPATRICK e SCHWERTMANN (1982), o grau de Al-substituição e a cristalinidade dos óxidos de ferro, são utilizados como indicador de processos de formação

Tabela 13 - Óxidos de ferro e alumínio da fração argila (<2 μ) extraídos com ditionito (CBD) e oxalato de amônio (Ox-NH₄).

Solo (per- fil)	Hori- zon- te	CBD		Ox-NH ₄		Feo/Fed	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeOOH	AlOOH	mole % Al-subst.
		Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃						
PC-1	Au	3,89	3,68	0,28	0,63	0,07	3,61	3,05	0,431	0,569	57
	Bw1	4,77	2,36	0,16	0,46	0,03	4,61	1,90	0,608	0,392	39
	BC	3,75	2,69	0,12	0,61	0,03	3,63	2,08	0,527	0,473	47
	C2	3,62	2,13	0,10	0,49	0,03	3,52	1,64	0,632	0,421	42
PC-2	Aup	5,75	4,25	0,36	0,66	0,06	5,39	3,59	0,478	0,522	52
	Bw1	5,75	3,11	0,19	0,61	0,03	5,56	2,50	0,587	0,413	41
	BC	3,35	2,36	0,10	0,43	0,03	3,25	1,93	0,519	0,481	48
	C2	2,45	1,13	0,08	0,24	0,03	2,37	0,89	0,631	0,369	37
PC-3	Aup	5,91	2,79	0,48	0,99	0,08	5,43	1,80	0,661	0,339	34
	BA	6,83	3,05	0,32	0,84	0,05	6,51	2,21	0,653	0,347	35
	Bw2	7,64	3,96	0,58	0,99	0,07	7,06	2,97	0,602	0,398	40
	Bw3	8,06	2,80	0,41	0,82	0,05	7,65	1,98	0,711	0,289	29
	BC	8,28	3,48	0,41	0,66	0,05	7,87	2,82	0,642	0,358	36
	C2	7,01	3,38	0,36	0,57	0,05	6,65	2,81	0,602	0,398	40
PC-4	Aup	6,27	3,04	0,72	1,26	0,11	5,55	1,78	0,666	0,334	33
	Bw1	5,91	3,08	0,54	1,16	0,09	5,37	1,92	0,641	0,359	36
	Bw2	6,64	3,48	0,50	1,12	0,07	6,14	2,36	0,624	0,360	36
	Bw3	7,64	3,02	0,89	1,28	0,12	6,75	1,74	0,713	0,287	29
	Bwb	7,84	2,80	0,48	0,81	0,06	7,36	1,99	0,724	0,276	28

Continua

Tabela 13 - Continuação.

Solo (per- fil)	Hori- zon- te	CBD		Ox- NH ₄		Feo/Fed	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeOOH	AlOOH	mole % Al-subst.
		Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃						
PC-5	Aec	7,85	3,80	0,37	0,68	0,05	7,48	3,12	0,605	0,395	38
	Bw	8,48	2,86	0,23	0,63	0,03	8,25	2,23	0,702	0,293	29
	Cl	6,26	1,81	0,15	0,27	0,02	6,11	1,54	0,717	0,283	28
	C2	4,06	2,02	0,12	0,18	0,03	3,94	1,84	0,577	0,423	42
PC-6	Au	7,84	3,23	0,39	0,76	0,05	7,45	2,47	0,658	0,342	34
	BA	8,74	3,28	0,42	0,86	0,05	8,32	2,42	0,692	0,308	31
	BC	7,84	2,80	0,21	0,54	0,03	7,63	2,26	0,683	0,317	32
PC-7	Au	7,84	3,08	0,63	0,91	0,08	7,21	2,17	0,680	0,320	32
	Bw1	8,28	2,89	0,45	0,74	0,05	7,83	2,15	0,699	0,301	30
	Bw3	8,51	3,91	0,48	0,92	0,06	8,03	2,99	0,632	0,368	37
	Aub	8,06	3,43	1,52	1,72	0,19	6,54	1,71	0,709	0,291	29
	Bwb	10,31	2,80	0,50	0,95	0,05	9,81	1,85	0,771	0,229	23

do solo, de maneira que os teores mais elevados, seriam observados nos solos mais intemperizados, devido a maior disponibilidade de Al^{3+} .

Os elevados teores de Al-substituição constatados principalmente nos perfis PC-1 e PC-2, deve-se a uma maior disponibilidade de Al^{3+} , pelo decréscimo do pH e diminuição na cristalinidade dos óxidos de ferro presentes nestes solos. O óxido de ferro predominante nos solos parece ser a goethita mal cristalizada. SCHWERTMANN (1983) tem observado que a presença de Al no meio pode influenciar a formação de óxidos de ferro, de modo que Al em pequena concentração favorece a formação de hematita, enquanto que grande quantidade de Al favorece a formação de goetita. Além disso a Al-substituição na hematita é no máximo de 1/6 do conteúdo de ferro.

A elevada substituição de Al nos óxidos de ferro, como visto na Tabela 13, e um alargamento nos picos de difratogramas de raios-X correspondentes a goethita (FITZPATRICK e SCHWERTMANN, 1982 e SCHWERTMANN, 1983) de amostras da fração argila tratadas com NaOH 5N, parece concordar com a premissa de que os óxidos de ferro presentes nestes solos seja a goethita mal cristalizada (Figura 20). Este alargamento dos picos da goethita tem sido interpretado por SCHWERTMANN (1983) como decréscimo na cristalinidade da goethita Al-substituída.

Os valores de Al-substituição observados nos solos, permitem admitir que a goethita nos perfis PC-3, PC-4, PC-5, PC-6 e PC-7, se encontra em grau de cristalinidade maior que nos perfis PC-1 e PC-2.

A diferença observada na percentagem de Al-substituição entre os óxidos de ferro determinados na fração ter-

Figura 20 - Difratoigramas de raios-X da fração argila tratada com NaOH, mostrando o alargamento de picos da goethita (G).

ra fina (<2 mm) (Tabela 11) e na fração argila (<2 μ) (Tabela 13) relaciona-se à presença nas frações areia e silte de tipo de óxidos de ferro com menor grau de Al-substituição que na fração argila.

Com referência aos valores de Al-substituição mais baixos observados nos horizontes B dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, que apresentam coloração no matiz 2,5YR (Tabela 11), deve-se a contribuição da hematita presente nesses horizontes, como evidenciados pelos difratogramas de raios-X (Figura 21).

As cores bruno, bruno forte e amarelo avermelhado nestes solos são em parte resultantes da presença de goethita, enquanto que, as cores vermelhas são devido à presença de cristais muito pequenos de hematita presentes nos solos.

A coloração mais avermelhada (2,5YR) em horizontes subsuperficiais dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, relaciona-se à preservação da hematita nesses horizontes, enquanto que, a coloração amarelada dos horizontes superiores deve-se à transformação da hematita em goethita (SCHWERTMANN, 1971 e SCHWERTMANN e TAYLOR, 1977). A Figura 21 ilustra este fato, pela presença de goethita em horizontes superficiais e a hematita ou hematita e goethita nos horizontes subsuperficiais.

5.4.2. Mineralogia da fração areia

A estimativa do conteúdo dos minerais contidos na fração areia foi baseada na comparação entre a área dos picos de maior intensidade dos respectivos minerais detectados nos difratogramas de raios-X e das amostras padrões da mistura de quartzo, gibbsita, caulinita e feldspato-K.

Figura 21 - Difrátogramas de raios-X da fração argila tratada com NaOH, mostrando a predominância de goethita (G) nos horizontes A com coloração brunada e de hematita nos horizontes B de coloração vermelha.

A identificação dos minerais constituintes desta fração foi realizada através dos picos de difração de raios-X, assim que, a gibbsita foi identificada pelos picos 4,85 e 4,37 Å; o quartzo pelos picos 4,27 e 3,36 Å; a caulinita pelos picos em 7,13 a 7,19 Å e 3,53 a 3,57 Å; o feldspato pelos picos 3,24 e 3,18 Å; a mica pelo pico em 10 Å e o anatásio pelos picos 3,53 e 1,89 Å.

Os constituintes mineralógicos da fração areia identificados por difratometria de raios-X, são apresentados na Tabela 14. A fração areia é constituída por gibbsita e quartzo como minerais dominantes, seguindo-se em menores quantidades a caulinita, mica e feldspatos (Figuras 22 e 23). A caulinita está presente na fração areia de todos os solos, enquanto que a mica e o feldspato não foram observados no perfil PC-4 e somente a mica não foi evidenciada no perfil PC-6 e PC-7. A ocorrência, tanto da caulinita como da gibbsita, na fração areia, deve-se a formação de nódulos do tamanho desta fração. Isto é possível ocorrer principalmente se as condições de pedogênese forem favoráveis.

O acúmulo de feldspato nos horizontes superficiais do perfil PC-1, reflete um possível aporte de material de composição semelhante, do afloramento rochoso na crista, próximo deste perfil. Isto parece comprovar-se pela baixa concentração de feldspato nos horizontes subsuperficiais.

A presença de gibbsita na fração areia pode corresponder à gibbsita primária, formada pela alteração direta de feldspatos. ANTONELO (1982) estudando solos do maciço alcalino de Itatiaia, também observou a presença de gibbsita na fração areia, atribuindo a origem da mesma a alteração de feldspato, nefelina e biotita.

Tabela 14 - Estimativa semi-quantitativa dos constituintes mineralógicos da fração areia de horizontes selecionados por difratometria de raios-X.

Solo (perfil)	Horizonte	Gibbsita	Quartzo	Caulinita	Mica	Feldspato
PC-1	Au	G3*	Q1	C1	Mi0	F3
	Bw1	G4	Q1	C1	Mi0	F2
	BC	G4	Q1	C2	Mi1	F1
	C2	G3	Q2	C2	Mi2	F1
PC-2	Aup	G4	Q2	C1	Mi0	F1
	Bw1	G4	Q2	C1	Mi0	F1
	BC	G4	Q2	C1	Mi1	F1
	C2	G3	Q1	C3	Mi2	F1
PC-3	Aup	G4	Q2	C1	Mi1	F0
	BA	G3	Q3	C1	Mi1	F0
	Bw2	G3	Q3	C1	Mi1	F0
	Bw3	G3	Q2	C2	Mi0	F1
	BC	G3	Q2	C2	Mi0	F1
	C2	G3	Q2	C2	Mi0	F1
PC-4	Aup	G3	Q3	C0	Mi0	F0
	Bw1	G3	Q3	C1	Mi0	F0
	Bw2	G4	Q2	C1	Mi0	F0
	Bw3	G3	Q3	C0	Mi0	F0
	Bwb	G4	Q3	C1	Mi0	F0
PC-5	Aec	G3	Q3	C1	Mi0	F0
	Bw	G4	Q0	C1	Mi0	F1
	C1	G4	Q1	C1	Mi0	F1
	C2	G4	Q1	C2	Mi1	F1
PC-6	Au	G4	Q1	C	Mi0	F1
	BA	G4	Q1	C0	Mi0	F0
	BC	G4	Q1	C1	Mi0	F0
PC-7	Au	G4	Q2	C	Mi0	F1
	Bw1	G4	Q2	C0	Mi0	F0
	Bw3	G4	Q2	C0	Mi0	F1
	Aub	G4	Q2	C0	Mi0	F0
	Bwb	G4	Q2	C0	Mi0	F0

* 4 = > 60 %
 3 = 30 a 60 %
 2 = 10 a 30 %
 1 = < 10 %
 0 = não determinado.

Figura 22 - Difrátogramas de raios-X da fração areia (200-50 μ), sem óxidos de ferro dos perfis PC-1 e PC-3 da área I.

Figura 23 - Difratoigramas de raios-X da fração areia (2000-50 μ) sem óxidos de ferro dos perfis PC-5 e PC-7 da área II.

O quartzo presente nestes solos é provavelmente de origem secundária, originado pela dessilicatização rápida do feldspato, com a sílica acumulando-se nos vazios e subsequente cristalização. Isto parece comprovar-se pelo fato de as rochas alcalinas que deram origem a estes solos serem desprovidas de quartzo. Outra fonte, menos provável, que pode ser atribuída à presença de quartzo nestes solos, seria a oriunda do arenito de Bauru, que ocorre na borda interna do maciço alcalino (ELLERT, 1969).

5.4.3. Mineralogia da fração silte

Os componentes mineralógicos da fração silte observados e estimados por difratometria de raios-X (Tabela 15) são semelhantes aos encontrados na fração areia, onde foram evidenciados a presença de gibbsita, quartzo, caulinita, mica, feldspatos e anatasio, como revelam os difratogramas de raios-X (Figuras 24 e 25).

A estimativa do conteúdo percentual dos constituintes mineralógicos observados na fração silte, também, foi realizada com base na comparação da área dos picos de maior intensidade dos respectivos minerais observados nos difratogramas de raios-X das amostras padrões da misturas de quartzo, gibbsita, caulinita e feldspato-K.

A gibbsita, o quartzo, a caulinita e anatasio são encontrados em todos os perfis destes solos, enquanto que a mica e o feldspato foram constatados somente em alguns solos. A gibbsita na fração silte apresenta-se de uma maneira geral como mineral dominante, com exceção de alguns horizontes dos perfis PC-3, PC-4 e PC-5, onde encontra-se o quartzo ou a caulinita como mineral dominante.

Tabela 15 - Estimativa semi-quantitativa dos constituintes mineralógicos da fração silte de horizontes selecionados por difratometria de raios-X.

Solo (perfil)	Horizonte	Gibbsita	Quartzo	Caulinita	Mica	Feldspato	Anatásio
PC-1	Au	G4*	Q2	C1	Mi1	F1	An1
	Bw1	G4	Q1	C2	Mi1	F1	An1
	BC	G4	Q1	C2	Mi2	F0	An1
	C2	G4	Q1	C2	Mi2	F0	An0
PC-2	Au	G3	Q2	C2	Mi1	F1	An1
	Bw1	G3	Q2	C2	Mi1	F1	An1
	BC	G2	Q1	C3	Mi2	F1	An0
	C2	G1	Q1	C3	Mi2	F1	An0
PC-3	Aup	G4	Q2	C1	Mi1	F0	An1
	BA	G2	Q3	C1	Mi1	F0	An1
	Bw2	G2	Q3	C2	Mi1	F0	An1
	Bw3	G3	Q3	C2	Mi0	F0	An1
	BC	G3	Q3	C2	Mi0	F0	An1
	C2	G3	Q2	C2	Mi1	F0	An0
PC-4	Aup	G3	Q3	C1	Mi0	F0	An1
	Bw1	G3	Q3	C1	Mi0	F0	An1
	Bw2	G3	Q3	C2	Mi0	F0	An1
	Bw3	G3	Q3	C2	Mi0	F0	An1
	Bwb	G3	Q3	C2	Mi0	F0	An1
PC-5	Aec	G3	Q3	C2	Mi1	F0	An1
	Bw	G2	Q3	C2	Mi1	F0	An1
	C1	G2	Q2	C3	Mi2	F0	An0
	C2	G1	Q2	C3	Mi2	F0	An0
PC-6	Au	G4	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	BA	G4	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	BC	G4	Q1	C2	Mi0	F1	An2
PC-7	Au	G4	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	Bw1	G3	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	Bw3	G3	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	Aub	G3	Q2	C2	Mi0	F1	An2
	Bwb	G3	Q2	C2	Mi0	F1	An2

* 4 = > 60 %

3 = 30 a 60 %

2 = 10 a 20 %

1 = < 10 %

0 = não determinado.

Figura 24 - Difrátogramas de raios-X da fração silte (50-2 μ) sem óxidos de ferro, dos perfis PC-1 e PC-3 da área I.

Figura 25 - Difratoigramas de raios-X da fração silte ($50-2\mu$) sem óxidos de ferro, dos perfis PC-5 e PC-7 da área II.

A gibbsita presente na fração silte destes solos deve ter comportamento semelhante ao da fração areia, e, sendo também, considerada primária, resultante da transformação direta de feldspato. O quartzo encontrado na fração silte também teria o mesmo comportamento e origem do observado na fração areia.

O quartzo na fração silte em geral decresce ligeiramente com a profundidade, enquanto que a caulinita cresce no mesmo sentido. Tal comportamento parece estar relacionado com a formação de caulinita por ressilicatização da gibbsita primária, tendo a sílica amorfa como fonte principal de sílica.

A mica encontrada nas frações areia e silte de alguns destes solos é uma mica secundária originada também pela alteração de feldspatos na presença de K^+ , uma vez que as rochas alcalinas: tinguaítos, fonolitos, lavas fonolíticas e foiaítos, que deram origem a estes solos não possuem mica em sua constituição.

5.4.4. Mineralogia da fração argila

A identificação mineralógica desta fração foi feita basicamente através de difração de raios-X. Os resultados quantitativos foram obtidos por análises químicas e DTA, conforme indica a Tabela 16. A fração argila é constituída principalmente de caulinita, gibbsita, material amorfos (alofanas), mica, vermiculita, com hidroxila interlamelar, haloisita e quartzo (?).

As percentagens de materiais amorfos, obtidas por análise química são significantes, e variam de 7 a 25%, com teores mais eleva

Tabela 16 - Composição mineralógica da fração argila (< 2 μ) de horizontes selecionados dos solos estudados na área I.

Solo (perfil)	Hori- zonte	Amorfos %			Ki	Material amorfos	Gibbsita %	Caulinita	Mica	Outros % raios-X
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃						
PC-1	Au	9,60	9,58	0,42	1,70	22,6	9	48	17	V ₁ /
	Bw1	9,81	8,83	0,46	1,89	21,9	11	46	18	V
	BC	8,32	10,16	0,38	1,39	21,7	8	54	15	V
	C2	7,83	12,03	0,22	1,11	25,1	1	57	18	V
PC-2	Aup	10,33	9,43	0,66	1,86	23,2	9	47	11	V
	Bw1	11,91	9,36	0,50	2,16	25,0	12	47	11	V
	BC	8,15	6,45	0,32	2,15	17,2	6	53	21	V
	C2	7,50	4,03	0,15	3,16	12,5	2	20	61	V
PC-3	Aup	6,77	6,39	0,46	1,80	15,5	7	51	23	V
	BA	8,23	5,39	0,65	2,59	14,8	28	41	9	V
	Bw2	8,23	5,62	0,31	2,49	15,0	31	41	8	V
	Bw3	3,85	4,86	0,50	1,35	11,0	37	42	6	V
	BC	7,50	6,10	0,30	2,09	16,0	29	42	8	V
	C2	5,08	5,51	0,22	1,57	12,4	23	53	10	V
PC-4	Aup	5,56	7,97	1,16	1,18	17,1	28	37	9	V
	Bw1	5,14	10,27	0,95	0,85	19,5	24	38	10	V
	Bw2	5,56	9,88	0,71	0,96	19,5	22	43	11	V
	Bw3	5,56	12,15	0,63	0,78	22,4	19	38	11	V
	Bwb	4,28	4,21	0,50	1,73	10,0	38	40	9	V

Continua

Tabela 16 - Continuação.

Solo (perfil)	Hori- zonte	Amorfos %			Ki	Material amorfos	Gibbsita %			Caulinita	Mica	Outros % raios-X
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃			-----					
PC-5	Aec	7,24	6,25	0,50	1,97	15,9	21	44	12		V	
	(B)w	6,03	3,95	0,22	2,59	10,8	9	59	25		V	
	C1	6,43	3,29	0,15	3,32	10,5	5	51	29		V	
	C2	3,24	2,73	0,11	2,02	7,0	4	61	30		V	
PC-6	Au	5,73	8,97	0,44	1,08	18,6	11	49	21		V	
	BA	4,96	7,78	0,63	1,08	16,1	16	47	19		V	
	BC	4,76	5,39	0,22	1,50	11,9	12	51	27		V	
PC-7	Au	7,06	9,25	0,27	1,30	20,6	11	44	18		V	
	Bw1	8,38	7,52	0,38	1,89	18,7	11	49	20		V	
	Bw3	7,79	8,87	0,81	1,49	19,6	15	42	17		V	
	Aub	5,14	12,36	1,24	0,71	22,1	13	44	12		V	
	Bwb	5,00	4,83	0,67	1,76	11,6	31	40	21		V	

1/ vermiculita com hidroxila interlamelar.

dos sendo observados nos perfis PC-1, PC-2, PC-4 e PC-7. Os teores altos de material amorfos nos perfis PC-1, PC-2 se deve a um menor grau de intemperismo, enquanto que, nos perfis PC-4 e PC-7, é atribuído à preservação dos materiais amorfos pela matéria orgânica, reduzindo a formação de gibbsita (WILSON, 1969).

Os teores de gibbsita determinados quantitativamente por DTA, variam nos solos de 1 (um) a 38%, com os valores mais elevados nos perfis PC-3 e PC-4, demonstrando um grau de alteração mais intenso nestes solos. Os valores de maneira geral mantem-se constantes ou decrescem ligeiramente em profundidade. A caulinita por outro lado, apresenta tendência contrária. O aumento acentuado nos teores de gibbsita, observado nos horizontes Bwb dos perfis PC-4 e PC-7, com 38 e 31% de gibbsita, respectivamente, contraria a tendência geral, por serem estes horizontes os mais intemperizados, sendo atribuído a ocorrência de solos enterrados. Enquanto que, os 21% de gibbsita no Aec do PC-5, é uma evidência de horizonte remanescente do colúvio.

De acordo com os dados da Tabela 16 e os difratogramas de raios-X (Figuras 26 a 28), a caulinita em geral é o mineral predominante nestes solos, sendo identificada na fração argila ($<2 \mu$) saturada com K a 25°C pelos picos em 7,13 a 7,19 Å e 3,57 Å, que desaparecem quando a amostra é aquecida a 550 Å; com valores variando de 20 a 59%, normalmente apresentando um ligeiro acréscimo com a profundidade em alguns perfis.

A concentração percentual da mica varia entre 10 a 30% podendo chegar a 60%, como no horizonte C2 do PC-2, porém, isto não é comum, com os valores normalmente crescendo com a profundidade. A mica foi identificada nos difratogramas de raios-X de amostras saturadas com K através do pico em

Figura 26 - Difratoigramas de raios-X da fração argila ($< 2\mu$), sem óxidos de ferro, saturadas com K a 25°C, dos perfis PC-1 e PC-2, da área I.

Figura 27 - Difractogramas de raios-X da fração argila ($< 2\mu$), sem óxidos de ferro, saturadas com K a 25°C, dos perfis PC-3 e PC-4 da área I.

Figura 28 - Difratoigramas de raios-X da fração argila ($<2\mu$), sem óxidos de ferro, saturadas com K a 250°C, dos perfis PC-5, PC-6 e PC-7.

10 Å na amostra ao natural e a permanência deste pico após aquecimento a 550°C. O teor elevado de mica (61%) observado no horizonte C2 do perfil PC-2, parece ser resultante de rocha alterada por metassomatismo hidrotermal (MONIZ, 1969). Enquanto que, a conservação do teor mais alto de mica na superfície do perfil PC-3, pode ser atribuído ao aporte de material rico em mica.

Os teores de gibbsita em geral mais baixos nos horizontes superficiais destes solos e nos horizontes Bw3 e Aub, respectivamente dos perfis PC-4 e PC-7, mesmo com teores altos de materiais amorfos e mais baixos de caulinita e de mica, deve-se à presença de teores mais elevados de matéria orgânica nesses horizontes, que têm a propriedade de estabelecer e prevenir a recristalização dos materiais amorfos a gibbsita (WILSON, 1969).

A haloisita constatada nestes solos, foi observada através da microscopia eletrônica, ocorrendo em pequena percentagem, principalmente nos horizontes inferiores dos perfis PC-1, PC-2 e PC-5.

Nos difratogramas de raios-X (Figuras 26 a 28) além dos picos referentes à caulinita, gibbsita e mica, também foram observados picos de menor intensidade na faixa de 10 Å a 14 Å com presença mais significativa para o pico de 14,4 Å. O mineral de 14,4 Å, não se expande quando glicolado, mas colapsa parcialmente para 10 Å, quando saturada com K e aquecida a 550°C, sugerindo que o mesmo seja uma vermiculita com hidroxila interlamelar (Figura 29). A presença de vermiculita com hidroxila interlamelar nestes solos sugere a existência de uma fase intermediária na alteração da mica em caulinita.

Em relação a composição mineralógica destes solos há uma certa semelhança com os dados obtidos por MONIZ

Figura 29 - Difratoigramas de raios-X da fração argila ($<2\mu$), sem óxidos de ferro, saturadas com Mg e glicoladas e com K e aquecidas, do horizonte Bwl e do perfil PC-7.

(1969) e por ANTONELLO (1982) para solos desenvolvidos de rochas alcalinas do maciço alcalino de Poços de Caldas e de Itatiaia, respectivamente, assim como, para solos altamente intemperizados de outras áreas do Brasil oriundos de rochas não alcalinas (MONIZ e JACKSON, 1967; MONIZ e OLIVEIRA, 1974; ANDRADE et alii, 1974; DEMATTÊ, 1977; RODRIGUES, 1977; KAMPF e KLAMT, 1978 e LIMA, 1979).

As tendências gerais observadas em relação as alterações mineralógicas são discutidas a seguir. As micas identificadas nestes solos, são secundárias e neoformadas. O decréscimo em seus teores, a medida que se dirige para a superfície e o aumento da caulinita nesta mesma sequência sugere transformações das micas para caulinita. Por dessilicatação parte desta caulinita pode transformar-se em gibbsita, uma vez que a tendência de concentração dos valores deste mineral nos solos é ao contrário da caulinita. Neste caso forma-se a gibbsita II. Por outro lado é possível identificar uma gibbsita formada diretamente do intemperismo dos feldspatos como observado no estudo micromorfológico. Neste caso tem-se a gibbsita I ou gibbsita primária (GARDNER, 1972).

A presença de gibbsita primária e secundária, foram constatadas anteriormente na área de Poços de Caldas por WEBER (1959) e MONIZ (1969). ANTONELLO (1982) também observou estas duas categorias de gibbsita nos solos de Itatiaia.

A formação de gibbsita nos solos depende de condições ambientais e físico-químicas propícias, que podem ser resumidas segundo SIEFERMANN e MILLOT (1969) em duas condições essenciais, uma boa drenagem e um meio fortemente dessaturado.

HSU (1977) considera que a formação da gibbsita é governada pela concentração de Si e Al na solução do solo, resultante do intemperismo químico. A gibbsita forma-se rapidamente quando o Si é separado do Al, pela lixiviação da

sílica. Contudo, se a lixiviação torna-se menos intensa a concentração de Si pode gradualmente aumentar e recombinacom Al e formar caulinita. A formação direta de gibbsita da alteração de aluminossilicatos seria governada pela intensidade de lixiviação, a qual é afetada por outros fatores existentes em Poços de Caldas como precipitação, temperatura, material de partida, topografia, nível do lençol d'água, vegetação e tempo.

A caulinita poderia ter se formado da alteração direta de minerais primários, sendo o mais provável é que tenha se originado da transformação da mica e da ressilicificação da gibbsita primária. MONIZ (1969) estudando a mineralogia de argilas de Poços de Caldas atribuiu a formação de caulinita e gibbsita pela alteração de feldspato, assim como, a ressilicificação da gibbsita e alteração da mica para formar caulinita.

A formação de mica nestes solos seria devido a alteração de feldspatos, que é controlada pelo K disponível no material primário. A alteração do feldspato em mica, sendo controlado pelo conteúdo de K_2O do material primário, no caso de rochas alcalinas (cerca de 7% de K_2O) formará um alto conteúdo de mica secundária, como pode ser verificado no horizonte C do perfil PC-2. MONIZ e JACKSON (1967) e MONIZ (1969) têm observado a presença de mica em solos desenvolvidos de material de partida sem mica primária, atribuindo a origem da mesma a partir da alteração de feldspatos. MELFI e GIRANDI (1962) observaram em secções finas de rochas a alteração de feldspatos em mica. A alteração da mica em caulinita, dar-se-ia pela liberação de K e posterior dessilicatização, segundo BATES (1960).

A origem da vermiculita com hidroxila interlamelar nestes solos seria devido a precipitação de polímeros de alumínio nas intercamadas da vermiculita.

MOLLER e KLAMT (1982) têm atribuído a possibilidade da precipitação de polímeros de Al nos espaços interlaminares de filossilicatos em solos ácidos e bem drenados, reduzindo a capacidade de troca e conferindo uma maior estabilidade (LE ROUX, 1973). Tal fato explica a persistência desses minerais nestes solos.

A presença de vermiculita com hidroxila interlamelar nestes solos seria uma fase intermediária na alteração da mica secundária em caulinita e, posteriormente, em gibbsita através do processo de dessilicatização gradual e intensiva, sendo este o principal processo de alteração atribuído por JACKSON e SHERMAN (1953) e JACKSON (1964) para solos tropicais altamente intemperizados.

Segundo Pedro (1966) citado por ANTONELLO (1982) sob condições de intensa lixiviação, os limites de solubilidade dos minerais silicatados não são atingidos e a evolução pode levar a formação de gibbsita, antes da alteração total dos feldspatos. Isto parece explicar a coexistência de gibbsita primária e mica secundária nestes solos.

MONIZ (1969) atribuiu a seguinte sequência de alteração para as rochas alcalinas de Poços de Caldas: rochas alcalinas (feldspato) → mica → caulinita e material amorfo → gibbsita. Contudo, a mesma não seria suficiente para explicar as alterações ocorridas nos materiais dos solos, tendo sido constatada mais de uma sequência de alteração nestes solos:

Feldspato → mica → vermiculita com hidroxila interlamelar → caulinita e material morfo → gibbsita II (gibbsita secundária)

Feldspato → caulinita e material amorfo → gibbsita II

Feldspato $\rightarrow$ gibbsita I - (+Si) $\rightarrow$ caulinita e material amorfo $\rightarrow$ gibbsita II.

Tomando-se a gibbsita como índice de intemperismo, observa-se que os solos correspondentes aos perfis PC-3 e PC-4, seriam os mais intemperizados. Considerando-se os teores de gibbsita (Tabela 16) nos horizontes Bwb dos perfis PC-4 e PC-7, respectivamente, indicam uma maior alteração nesses horizontes em relação ao perfil como um todo, demonstrando a existência nesta região de solos mais antigos.

5.5. Micromorfologia

A descrição micromorfológica de horizontes e perfis selecionados estão indicados no Apêndice II. De maneira geral entre os perfis bem desenvolvidos e profundos, não há muita variação nas características micromorfológicas, o que evidencia uma uniformização dos processos pedológicos. O PC-5, perfil cascalhento, resume grande parte da história da formação destes solos.

O esqueleto é constituído quase que essencialmente de feldspato e quartzo, porém em pequena quantidade motivado principalmente pela natureza da rocha e textura argilosa destes solos, como também pelo avançado grau de intemperismo. Concreções ferruginosas de mais variadas formas e tamanhos são de ocorrência comum em todo o perfil, com ligeiras concentrações em determinados locais do perfil, principalmente nas encostas onde a presença de cascalheiras é comum.

A ocorrência de feldspatos nestes solos deve-se à herança do material de partida, rico neste mineral. Por outro lado, a sua persistência, mesmo nos paleossolos, é devi

do a proteção dada pelos óxidos de ferro e alumínio, circundando-o (Figuras 30 e 32).

As feições pedológicas são abundantes e representadas essencialmente por: (1) nódulos de ferro (Figuras 34, 35 e 36), de gibbsita (Figura 34) e ferri-gibbsíticos, disseminados em todos os perfis, com concentrações nas cascalheiras, e de tamanho e forma extremamente variados; (2) poucos argilans (Figuras 36 e 39), ferri-argilans e grande quantidade de sesquans (Figuras 31, 34 e 35), tanto de segregação como os formados ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo; (3) presença de sesquans nos canais (Figura 35) e fraturas do esqueleto em alteração (Figura 30); (4) cristalaria de gibbsita (Figuras 34 e 35) e (5) papulas em pequena quantidade. As fissuras presentes são resultantes da retração do solo, principalmente nos horizontes mais inferiores (Figura 35). Nos horizontes mais superiores os vasios são representados principalmente por canais.

Os argilans presentes são mais de segregação do que formados por iluviação. Neste caso os horizontes estudados não seriam considerados argílicos sob o ponto de vista micromorfológico.

A matriz do solo é essencialmente argilasépica a insépica nos horizontes superficiais de cor bruno a bruno amarelado (Figura 35) numa distribuição quase sempre porfiroesquelética. Os horizontes inferiores possuem matriz do solo latisépica vermelho amarelado ou mesmo cinza claro numa distribuição porfiroesquelética. Em alguns casos ela é insépica ou mesmo argilasépica. Os horizontes C possuem matriz essencialmente latisépica (Figura 38). A estrutura plásmica latisépica, de ocorrência predominantemente nos horizontes mais inferiores, na

Figura 30 - Perfil PC-1. Horizonte Bwl (nicois x). Mineral primário (feldspato) parcialmente alterado. Nota-se neo formação de gibbsita (mineral esbranquiçado) e caulinita, assim como o preenchimento das fraturas com sesquans.

Figura 31 - Perfil PC-1. Horizonte Bwl (luz paralela). O mesmo mineral acima em contacto com a matriz. Observa-se tanto as fraturas do mineral como as fissuras (planes) parcialmente preenchidas por sesquans. Além disso, a continuidade das fraturas do mineral com as fissuras da matriz, ilustra a herança da estrutura. O mineral está circundado por sesquans.

Figura 32 - Perfil PC-5. Horizonte Aec (nicois X). Canto superior direito: canal preenchido por gibbsans (linha fina, quebrada e branca). A área escura envolvendo o gibbsan é de sesquióxidos opacos. Área central: grânulo de feldspato parcialmente alterado e circundado por óxidos de ferro-alumínio, preservando-o.

Figura 33 - Perfil PC-1. Horizonte Cl (nicois X). Área central cor tando toda a foto: canal com deposição de gibbsans. As pontuações claras na matriz são representadas por microcristais de gibbsita.

Figura 34 - Perfil PC-5. Horizonte Aec (nicois X). Parte central: nódulo de ferro. Parte superior esquerda: cristalaria de gibbsita, separada do nódulo de ferro pelo sesquan e pouco de concentração plasmática. Parte lateral direita: canal cruzando toda a extensão do nódulo e preenchido parcialmente por gibbsita.

Figura 35 - Perfil PC-6. Horizonte Bwl (luz paralela). A fissura parcialmente preenchida por sesquans liga o grânulo de quartzo com a concreção de ferro cortando-a. Nota-se além dos poros e finos argilans formação de microagregados. O esquele é circundado pelo sesquan.

Figura 36 - Perfil PC-5. Horizonte (B)w (nicois X). Contato entre o nódulo e a matriz do solo. Observa-se no contato a ocorrência de fissuras associada com sesquans e argilans. Na matriz do solo os minerais claros são cristais de gibbsita circundado por concentração plasmática.

Figura 37 - Perfil PC-5. Horizonte Aec (nicois X). Parte central em toda extensão da foto: cristalaria de gibbsita. Separando a cristalaria da matriz ocorre sesquans. Parte inferior esquerda: vazio preenchido por gibbsita em forma de nódulo.

Figura 38 - Perfil PC-2. Horizonte Bw2 (nicois X). Aspecto geral da estrutura plásmica latisépica. As fissuras (planes) estão preenchidos por silans.

Figura 39 - Perfil PC-5. Horizonte C1 (nicois X). Combinação plasmática representada por argilans (tons amarelados). Parte inferior direita: pequeno vazio preenchido por gibbsita.

da mais é do que uma herança do intemperismo da própria rocha. A Figura 31 ilustra a estrutura do material de origem sendo passada para o solo. A medida que se dirige para a superfície a estrutura plasmática tende a ficar menos orientada e mais aséptica, motivada pela perda de orientação plasmática a medida que o intemperismo evolui (ESWARAN, 1972).

A estrutura isótica ou ligeiramente undulica somente foi constatada nos horizontes Aub enterrado do perfil PC-7. A grande isotropia mostrada por este horizonte se deve a presença de matéria orgânica e redistribuição dos óxidos que inclusive preservam a estrutura.

A ausência da estrutura isótica ou mesmo undulica da maioria dos horizontes estudados diferem dos solos vermelhos ou brunos, essencialmente argilosos, classificados como latossolos. Tal ausência se justifica devido a grande anisotropia apresentada por estruturas microcristalinas da gibbsita, presente abundantemente em todos os horizontes estudados.

O processo inicial do intemperismo é representado pelo ataque ao feldspato. Neste processo inicial, forma-se um gel de alumínio que pode se transformar em gibbsita (ou gibbsita I), principalmente por dessilicatização. Tal fato é comprovado através da ocorrência de gibbsita circundando os feldspatos (Figuras 30 e 32). Ao mesmo tempo a concentração deste gel de alumínio ou mesmo gibbsita nas cavidades e fendas de matriz, desenvolvem os nódulos gibbsíticos, que podem, muitas vezes, formar cristalarias gibbsíticas. Quando a quantidade dos nódulos gibbsíticos é grande, assim como, dos microcristais de mesma natureza disseminados internamente na estrutura plasmática, há uma modificação nesta estrutura, dando

do origem a uma estrutura crística ("crystic"). A Figura 34 ilustra esta estrutura, assim como, neoferrans ao redor do esqueleto, devido principalmente a processo de dissolução.

A ferruginização do plasma teve início nesta fase de intemperismo primeiramente difundido em toda a estrutura, com concentrações mais avermelhados e depois localizada ao redor do esqueleto e vasios e mesmo na própria matriz (Figura 32). A concentração do ferro, da mesma maneira que o alumínio, deram origem aos nódulos de ferro (hematíticos e goethíticos) (Figuras 34, 35 e 36), assim como, nódulos ferri-gibbsíticos ou gibbsíticos (Figura 37). A concentração de tais nódulos ocorre principalmente nas encostas íngremes da área, região de segregação do ferro para formação de lateritas.

A matriz do solo, essencialmente argilosa (Figura 35) é constituída principalmente por caulinita, que por sua vez deve ter sido formada por cristalização da solução concentrada nos vazios de diferentes origens ou resultante de alterações pseudomórficas do material de origem (Figura 30). A associação de caulinita com microcristais de gibbsita, altamente anisotrópica, resultou na formação de uma estrutura plasmática sépica, anisotrópica e não isótica como a maioria dos oxissolos.

Os grânulos de quartzo, em geral corroídos e fraturados, são preenchidos por sesquans (Figura 35). A ocorrência deste material não está restrito apenas ao esqueleto. É comum vê-los associados aos vasios (Figura 36) e circundando os grânulos do esqueleto (Figura 35) (neoferrans), como também, em agregados irregulares (Figura 31). Na Figura 35 observa-se a ocorrência de esqueleto associado com sesquans e

o vasio indicando uma dissolução do quartzo posterior à ferruginação.

Devido as oscilações climáticas mais recentes parte da superfície original foi dissecada e o vale preenchido por novo material. Tal material, previamente intemperizado, parece ser da mesma natureza que o anterior, visto que suas características micromorfológicas são bastante semelhantes. Transformações contínuas e progressivas continuaram neste novo material. Tal transformação afetou tanto a estrutura plásmica como a composição mineral, resultando numa redistribuição dos óxidos, de crêscimo no esqueleto e aumento da caulinita e gibbsita por neoformação e preenchimento de volumes (formando nódulos gibbsíticos (Figura 34).

Com o intemperismo agudo, parte da caulinita, por dessilicatização, transformou-se em gibbsita. A formação de gibbsans frequente nas lâminas (Figuras 32, 33 e 34) está associada ao processo de remoção da sílica, principalmente da caulinita, pois esta é o principal constituinte do plasma do solo. A sílica removida pode depositar-se em vasos ou mesmos canais dando origem aos silans (Figuras 38 e 40).

A presença de concreções ferruginosas em determinadas posições da encosta deve-se essencialmente a remoção do ferro, por intemperismo, nas áreas mais elevadas e num ambiente redutor. É comum a ocorrência na área, de paleodrenagem, responsável pela oscilação do lençol freático e consequente redução do ferro. Acima desta região no perfil de drenagem mais lenta e concentração de nódulos lateríticos e gibbsíticos, é caracterizada por uma porosidade mais elevada permitindo melhor drenagem. Neste caso, o teor de gibbsita tende a aumentar nestas regiões, (Tabela 16), formada por dissilicatização da caulinita.

Figura 40,- Perfil PC-2. Horizonte Bw2 (nicois X). Presença de silans preenchendo o vazio. As pontuações brilhantes na matriz do solo são de cristais de gibbsita.

A medida que se dirige para os perfis com maiores características latossólicas (perfis PC-3 e PC-4) a estrutura tende a individualizar-se em microagregados (Figura 35).

5.6. Características de pedogênese

Neste capítulo há uma tentativa de reunião global de todas as informações colhidas nos tópicos anteriores para um melhor entendimento das áreas estudadas, assim como, da pedogênese dos solos.

Os estudos pedológicos foram desenvolvidos em duas sequências de solos, assinaladas como área I e área II. Devido ao fato destas duas áreas apresentarem um histórico geomorfológico semelhantes, a maioria das interpretações referentes a este aspecto, foram feitas em conjunto. A região de estudo tem como característica principal um relevo bastante movimentado, ondulado, chegando a forte ondulado. Particularmente, nas áreas de estudo, onde ocorrem morrotes, associados e de atitudes diferenciadas, foram escolhidas áreas menos movimentada. A Figura 4 ilustra uma paisagem típica da região estudada, assim como, as posições dos principais perfis analisados.

De acordo com o reconhecimento das rochas do maciço alcalino de Poços de Caldas, os solos das áreas I e II, foram desenvolvidos, respectivamente, de material resultante da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolitos e de lavas fenolíticas e foiaitos com lentes de anfibolitos. Devido à semelhança na composição química destas rochas (Tabela 2), não foram observadas variações significantes na composição mineralógica dos solos entre estas duas áreas.

Nesta região é bastante comum a ocorrência de material laterítico associado com bauxito, em forma de linha de pedra ou mesmo de cascalheira. A camada laterítica pode ocorrer na superfície, ou a profundidades variáveis, em forma contínua ou não, sendo mais espessa nas quebras do relevo (Figura 6).

Na formação destas camadas lateríticas, houve contribuição externa em relação ao ferro, principalmente de superfícies mais elevadas existentes na região, podendo ser constatado pelos teores de óxidos de ferro dos horizontes A e B do PC-5. Esta camada mais resistente ao processo erosivo, teve uma ação significativa no modelado da paisagem atual. Nestas condições, a camada laterítica exposta na área II (Figura 6) pode ser remanescente de uma antiga superfície e, neste caso, parte do perfil PC-5 (horizontes A e B) seria considerado como um solo exumado. Tais resultados estão de acordo com as observações de CHRISTOFOLETTI (1970), que considera como antigo o recobrimento concrecionário, não apresentando gênese atual, devido ser encontrado em várias partes soterrado, por camadas coluviais, sem que o paleopavimento perca continuidade entre a parte que se estende pela superfície e a parte soterrada. A gênese e a exposição dessas concreções, são evidência de variação paleoclimática.

Na região do maciço alcalino de Poços de Caldas, principalmente, nas áreas I e II, torna-se evidente a atuação de paleoprocessos no desenvolvimento das superfícies e dos solos, tendo em vista a presença de solos enterrados nestas duas áreas. Os processos responsáveis pelo desenvolvimento dos solos e modelagem das superfícies nas duas áreas foram semelhantes e, pelas evidências paleoclimáticas e a preservação de paleossolos em alguns locais da região do maciço alcalino de Poços de Caldas, sugerem uma evolução policíclica pa-

ra estes solos, segundo os conceitos de BUTLER (1959), OLLIVIER (1959) e DE VILLIERS (1965).

Os solos que ocorrem nestas duas áreas, são caracterizados, principalmente, pela coloração brunada, nos matizes 5YR, 7,5YR e 10YR, estruturada em forma de bloco subangular de grau moderado bastante evidente, e espessura variável, dependendo da posição de ocorrência no relevo. Nas superfícies elevadas e instáveis, mais sujeitas a erosão, são encontrados os perfis menos profundos, representados pelos PC-1, PC-2 na sequência I e PC-5 e PC-8 na sequência II (Figuras 5 e 6), com espessura do solo variando de 0,90 a 1,20 m. Nas superfícies mais estáveis e planas, estão situados os perfis PC-3 e PC-4 na sequência I e PC-6 e PC-7 na sequência II, mais profundos, com espessura superior a 1,50 m. A sequência de horizontes é A, (B), C; A, B, C ou A, B, Ab, Bb e C. A designação do horizonte (B) foi preliminar e apenas do ponto de vista morfológico.

Tentando reconstruir a história da região estudada, a sequência II, pode ser tomada como exemplo. No pedimento inferior da superfície desta área, ocorre o PC-7, perfil profundo, com estrutura em bloco subangular pequeno a grande de grau moderado a forte até os 150 cm de profundidade. Abaixo, desta profundidade, ocorre fragmento de lateritas associado a bauxitos e a seguir um horizonte com características de A. Por outro lado, o perfil PC-8, localizado na posição mais elevada desta sequência, também apresenta a mesma sequência de horizontes, tendo inclusive o horizonte enterrado, e, o mesmo tipo de estrutura, encontrado no PC-7 (Figura 8).

A confirmação da existência da paleossolos nestas duas posições, pode ser feita de diversas maneiras, como foi visto durante a exposição dos demais capítulos. Entre-

tanto, os estudos feitos a respeito do fracionamento do húmus parecem ser uma técnica mais adequada para um caso como este. Foi constatado que os horizontes B são ricos em ácidos fúlvicos e húmicos, enquanto que os horizontes A são ricos nas frações alcalino-solúveis e húmicos. Nos horizontes enterrados, no caso dos perfis PC-4 e PC-7, predomina as frações alcalino-solúveis. Tais resultados excluem a possibilidade de translocação de húmus dos horizontes superficiais e posterior concentração nos horizontes mais inferiores.

Neste caso, e levando-se em consideração, que o PC-8, ocupa a posição mais alta da área II e o PC-7 a mais baixa, é de se supor que no passado todo este vale deveria ter sido coberto por material semelhante a estes dois perfis extremos.

A coloração vermelha nos horizontes Bb (perfis PC-4, PC-7 e PC-8) no matiz 2,5YR, é típica de solos onde predomina a hematita, o que foi comprovado pela difração de raios-X e também, através dos baixos valores de Al-substituição nestes horizontes.

Morfologicamente, a estrutura dos horizontes B que se desenvolveu neste período é tipicamente em forma de blocos subangulares de grau fraco a moderado, praticamente preservada ao longo dos tempos.

Os dados granulométricos não evidenciaram iluviação de argila, assim como, os exames micromorfológicos não constatarem cutans iluviais suficientes para caracterizar um horizonte B textural ou argílico. Consequentemente, os solos estudados, além de serem argilosos, não desenvolveram horizontes argílicos, apesar da maioria dos perfis apresentarem uma estrutura no B, semelhante a da Terra Roxa Estruturada. O desenvolvimento desta estrutura pode estar relacionada à pre-

sença de material amorfo, altamente hidratado, com capacidade de retrair-se rapidamente, após a exposição.

Por outro lado, os horizontes B incipientes ou câmbicos indicados preliminarmente no exame morfológico de alguns perfis, não possuem evidências mineralógicas para sua classificação, principalmente, no que se refere as percentagens de minerais primários. A quantidade de mica e feldspato, no horizonte B não é suficiente para permitir a definição de B incipiente ou câmbico.

De acordo com estudos geológicos da região (EL LERT, 1959) o desenvolvimento dos solos deve ter-se iniciado no período Cretáceo, possivelmente em ambiente quente e úmido. A comprovação deste fato é obtido através dos estudos micromorfológicos que demonstram a formação de gibbsita I por intemperismo direto do feldspato. Nesse ambiente de intensa lixiviação, a atividade da sílica e das bases é baixa, não permitindo a formação de minerais 2:1; como visto por KITTRICK (1969). A concentração de Al amorfo ou mesmo de gibbsita ou associação de ambos nos vazios e a cavidades do solo leva a formação de nódulos (Figura 37) e mesmo cristalaria (Figuras 34 e 37). Além do mais, a composição mineralógica dos horizontes enterrados é caracterizada também pela predominância de caulinita e gibbsita, minerais índices de regime quente e úmido (JACKSON, 1964).

Neste mesmo período, houve a formação de caulinita, juntamente com haloisita desidratada, também por processos de intemperismo do feldspato ou mesmo ressilicatização de gibbsita. Tal processo é possível de ocorrer, uma vez que é bastante comum a ocorrência de silans nas secções delgadas dos solos. Como a atividade da sílica é controlada pela sílica do solo (sílica amorfa) e não pelo quartzo (LINDSAY, 1982) a combinação da gibbsita com a sílica amorfa é bastante provável. Em ambientes específicos de gênese existentes na área,

tais como, às proximidades do material de partida e redução da drenagem do solo, ou então, localização de encostas, onde a lixiviação é menos intensa, a atividade do ácido silícico é elevada, assim como, a relação Si/Al. Associada a estas características e presença de K^+ fornecido pelos feldspatos pode levar à formação de micas (LINDSAY, 1982). Como as condições existentes tanto na área I como na área II, estão mais relacionadas a grande lixiviação, a formação de micas é pequena, como vista nos dados mineralógicos.

A drenagem pobre ou impedida comprovada pela presença de cores acromáticas no horizonte C dos perfis PC-2 e PC-5, evidencia que é perfeitamente possível ocorrer condições favoráveis para formação de micas, nestes solos.

A formação de vermiculita com hidroxila interlamelar nesse meio muito rico em gibbsita e ocorrência moderada de mica, se processa através da perda da estabilidade da mica e introdução, posterior, de uma camada octaédrica de hidroxilas entre as unidades cristalinas de mica, formando a vermiculita cloritizada ou vermiculita com hidroxila interlamelar. A coexistência das micas com a gibbsita, num mesmo ambiente (associação pouco provável segundo KITTRICK (1969), pode ser explicada pelos dados de PEDRO (1966).

A presença de feldspatos, mesmo de tamanho da fração areia, nestes solos é explicado pelo revestimento ou capeamento feito pelos óxidos de ferro (Figura 32) isolando-o do intemperismo.

A ferruginização do plasma também ocorreu concomitantemente com a formação do solo, primeiramente difundido em toda a estrutura, com concentrações mais avermelhadas e depois localizadas ao redor do esqueleto e do vazio. A concentração do ferro, da mesma maneira que a do alumínio, deu

origem aos nódulos de ferro, ocorrendo principalmente nas encostas íngremes da área, região de segregação do ferro para formação de lateritas. Neste caso, a mobilização do ferro (Fe^{2+}) se deu também em região de drenagem impedida ou pobre, já comprovado na morfologia e, depois por migração lateral se concentra, oxida e recristaliza formando laterita.

A matriz do solo é constituída essencialmente, por caulinita e gibbsita. A associação da caulinita com microcristais de gibbsita, altamente anisotrópico, resultou na formação de uma estrutura plásmica sêpica e não isótica como na maioria dos oxissolos.

Durante a formação dos solos, alterações climáticas ocorreram na região (CHRISTOFOLETTI, 1970), possivelmente entre o Pliocenio e Pleistoceno (Bushee, 1971, citado por MOLITERNO et alii, 1983), houve um recobrimento total da paisagem original com material pré-intemperizado em mistura com rocha. A natureza deste novo material é bastante semelhante ao do anterior. Os resultados físicos, químicos e mineralógicos ilustram uma pequena quebra nos dados em profundidade; quebra esta, coincidente com o início do paleossolo. Entretanto, existe certa semelhança entre os materiais, principalmente no que se refere a textura argilosa ou muito argilosa, na natureza da fração argila e nas feições micromorfológicas.

Além deste fato, há necessidade de levar-se, também em consideração, a preservação dos horizontes Ab e Bb durante as alterações climáticas. Tudo leva a concluir que os processos de erosão e deposição não ocorreram com grande intensidade, caso contrário, não haveria o testemunho deixado pelos perfis estudados. Com o material do recobrimento é bastante semelhante ao original, conclui-se também, que em termos de escala, o recobrimento foi regional e consequentemente de pequena intensidade.

Na sequência de solos da área I (Figura 5) o recobrimento contribuiu com material para o desenvolvimento dos horizontes A e B dos perfis PC-1 e PC-2, situados na parte alta, enquanto que, o horizonte C destes perfis teve sua formação, provavelmente, devido a alteração da rocha *in situ*. A mesma interpretação pode ser atribuída ao desenvolvimento do perfil PC-5, localizado na encosta da área II (Figura 6).

Após o recobrimento desenvolveu-se a pedogênese atual, com novo modelado da paisagem através de processos erosivos originando as superfícies atuais. Neste processo erosivo houve o aparecimento parcial da antiga superfície, evidenciada pela cascalheira do PC-5. A ação da camada laterítica e principalmente das cascalheiras teve fundamental importância no modelado atual da paisagem. Os processos pedogenéticos continuaram a agir neste novo material de recobrimento e as transformações afetaram praticamente quase todas as propriedades estudadas.

O principal processo pedogenético ainda atuante, continua sendo a lixiviação intensa, conduzindo a formação de material caulinítico, amorfo e gibbsítico. A frequente passagem da solução do solo através das fissuras e canais, tende a carregar parte da sílica das estruturas cristalinas, principalmente da caulinita, por ser esta o componente mais abundante do plasma, dando como resultado a formação de gibsans (Figuras 33, 34 e 37). A sílica removida pôde formar silans, como visto anteriormente, inclusive concentrando-se para formar quartzo secundário. Do mesmo modo, ocorreu a formação de sesquans e nódulos de ferro, alumínio e ferri-alumínio, estes do tamanho ou maior que as frações areia e silte.

Durante esta pedogênese, a estrutura plásmica continua sendo ainda sépica, porém evolui da latissépica, nos

horizontes mais inferiores, para argilasépica, nos horizontes superiores. Apesar de ser material bastante intemperizado o plasma não atingiu ainda a forma isotópica, típico dos oxisolos. Tal fato se deve ainda à ocorrência de microagregados de gibbsita bastante anisotrópico. Apesar destes perfis serem também argilosos ou muito argilosos, não há evidência de translocação de argila. As secções delgadas mostraram apenas concentrações plasmáticas isoladas, com alguns argilans, porém a maioria deles sendo de segregação e não de iluviação.

De acordo com os dados mineralógicos, grande parte da mineralogia da fração argila e mesmo das demais frações é devido ao intemperismo do feldspato. As principais sequências de intemperismo, a partir deste mineral seriam:

Feldspato		gibbsita I (+ Si) - caulinita (material amorfo) - gibbsita II caulinita (material amorfo) - gibbsita II mica - vermiculita com hidroxila interlamelar - caulinita (material amorfo) - gibbsita II
-----------	--	---

A matiz dos horizontes B de todos os solos estudados varia de 5YR 4-6/6-7 a 10YR 4-8/4, porém com predominância na matiz intermediária 7,5YR 4-5/2-6, dando as cores brunadas. A predominância nesta matiz é de goethita, como foi visto na difração de raios-X.

A formação de hematita e goethita pode ser influenciada pela presença no meio do íon Al^{3+} . De maneira geral, pequena quantidade de Al^{3+} favorece a formação de hematita. Como foi visto, a hematita concentra-se principalmente nos horizontes Bb dos solos, enquanto que, a grande quantidade de Al^{3+} , favoreceram a formação de goethita no recobrimento. Além deste fato, nos solos atuais, a substituição do Al^{3+} nas estruturas cristalinas dos óxidos de ferro é grande, que

aliado aos alargamentos nos picos de difração de raios-X, definem goethita mal cristalizada. Este alargamento dos picos de goethita tem sido interpretada por SCHWERTMANN (1983) como decréscimo na cristalinidade deste material com Al - substituição.

De acordo com estes resultados, é de supor que a transformação de hematita em goethita seja devido a uma maior ação do intemperismo sobre o recobrimento atual. Esta transformação foi acelerada pela presença, em solução, de concentrações elevadas de Al^{3+} .

Os solos localizados tanto na sequência I como na II, desenvolvem horizontes B de grau diferenciado de estrutura, sendo em blocos subangulares ou com aspecto maciça. A estrutura com aspecto maciça sempre ocupa a posição no perfil abaixo da estrutura em blocos. Além do recobrimento morfológico a estrutura com aspecto maciça (composta de microagregados granular) é observada pelas secções delgadas. O perfil PC-7 é o que apresenta maior espessura de estrutura em blocos, vindo a seguir a estrutura com aspecto maciça. Como este perfil localiza-se na parte inferior do pedimento é possível que este maior desenvolvimento de estrutura possa estar associado ao fluxo lateral de água mais intenso (MONIZ e BUOL, 1982). É devido a este tipo de estrutura mais desenvolvida, associada a cor, que alguns destes solos receberam a designação de Terra Bruna Estruturada (EMBRAPA, 1980a, b e 1982). A formação e o grau de desenvolvimento deste tipo de estrutura devem estar relacionados, além da posição que os solos ocupam na paisagem, a ação de material amorfos, altamente hidratável, que têm a propriedade de retrair-se rapidamente quando o solo é exposto. Os demais perfis, também possuem este tipo de estrutura, porém em grau menos acentuado.

O maior desenvolvimento da estrutura na parte mais elevada e instável da área I (PC-1 e PC-2) e da área II (PC-8) deve-se à presença de teores mais elevados de material amorfos, enquanto que, na parte inferior do pedimento da área I (PC-4) e da área II (PC-7), esse maior desenvolvimento teve também a colaboração do fluxo lateral de água, na formação deste tipo de estrutura.

Levando-se em consideração as posições dos perfis dos solos na paisagem é possível separá-los de acordo com o grau de intemperismo, no caso, utilizando-se os teores médios da gibbsita como mineral índice. Os perfis PC-3 e PC-4 são mais intemperizados com teores médios de 26% de gibbsita; seguidos dos perfis PC-6 e PC-7, em estágio intermediário de intemperismo, com teores médios de 13 e 16% de gibbsita, respectivamente, e finalmente os demais perfis em estágio de intemperismo menos evoluídos, com teores médios de 7 a 10% de gibbsita. A posição de ocorrência dos perfis PC-3, PC-4 e PC-7, na paisagem é de superfície mais estáveis e, portanto, com maior facilidade de lixiviação, por isso, mais intemperizados. Por outro lado, os demais perfis ao ocuparem superfícies mais instáveis e portanto menos lixiviados, são menos alterados.

Os teores de material amorfos (alofanas) mais elevados nos perfis PC-1 e PC-2, na superfície mais alta e instável da área I, se deve a um menor grau de intemperização destes solos, em relação aos demais, porque a medida que o intemperismo evolui o teor de material amorfos diminui.

Os dados analíticos de todos os solos estudados e principalmente dos perfis mais evoluídos, definem a presença de horizonte óxico ou B latossólico, tanto na posição de estrutura moderada ou fraca bloco subangular.

5.7. Classificação dos solos

Os solos estudados na área do maciço alcalino de Poços de Caldas foram classificados segundo o sistema brasileiro de classificação de solos proposto por BENNEMA (1966) com modificações introduzidas pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos - SNLCS/EMBRAPA e pelo sistema americano - Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1975).

Estes solos apresentam características morfológicas semelhantes às Terras Brunas Estruturadas e aos Latossolos Brunos, identificados no sul do Brasil (EMBRAPA, 1980a e b). Os solos identificados como Terras Brunas Estruturadas no sul do Brasil caracterizam-se pela presença de horizonte B textural, cerosidade moderada a forte, baixo gradiente textural, teores elevados de óxidos de ferro ($>13\%$ de Fe_2O_3) e alumínio, e sequência de horizontes A, Bt e C. Apresentam uma certa semelhança com as Terras Roxas Estruturadas, pelo aspecto da estruturação, diferindo destas: a) pela coloração brunada do horizonte subsuperficial, compreendidas nos matizes 5YR, 7,5YR e 10YR; b) menor espessura do solum; c) menor grau de desenvolvimento de estrutura e da cerosidade. São aliás, muito argilosas, e com teores elevados de silte. Os Latossolos Brunos são caracterizados principalmente pela presença de cores brunadas e teores elevados de óxidos de ferro ($>20\%$ de Fe_2O_3). As cores brunadas compreendidas nos matizes 7,5YR e 10YR têm sido incluídas na cor amarela na região Amazônica.

Os solos que ocorrem nas duas áreas de estudo, amostrados como Terras Brunas Estruturadas, perfis PC-2 e PC-7, diferem destas, quanto ao tipo de horizonte B, ausência de cerosidade, menores teores de óxidos de ferro ($< 13\%$ de Fe_2O_3) e sequência de horizontes A, Bw e C. Contudo, apresen

tam coloração brunada e aspecto de estrutura semelhante as Terras Brunas Estruturadas. Os perfis PC-3 e PC-4 descritos como Latossolos Brunos, diferem destes pelos teores de óxidos de ferro mais baixos ($<10\%$ de Fe_2O_3), mas, apresentam coloração brunada.

Os horizontes B incipiente ou câmbicos indicados nas descrições morfológicas dos perfis PC-1, PC-5 e PC-6, de acordo com os resultados analíticos, principalmente mineralógicos, não possuem evidências para confirmação deste tipo de horizonte. Além deste fato, não foi constatado, também a ocorrência de horizonte B textural ou argílico, devido a ausência de argilans de iluviação, assim como, de incremento de argila em profundidade. Pelos dados analíticos pode-se definir para estes solos a presença de horizonte B latossólico ou óxico.

As características referentes a cor, espessura e teor de carbono dos horizontes superficiais dos solos estudados são pertinentes à presença de horizonte diagnóstico superficial - epipedon ócrico ou A moderado para o perfil PC-5 e epipedon úmbrico ou A proeminente para os demais perfis.

Todos os perfis de solos estudados nas duas áreas apresentam as seguintes características:

- a) espessura maior que 30 cm;
- b) baixo gradiente textural, relação B/A em torno de 1;
- c) ausência de argilans de iluviação;
- d) percentagens de minerais primários mais resistentes ao intemperismo, ou mica, na fração superior a 50μ , inferior ao limite máximo permitido ($<4\%$ e $<6\%$, respectivamente) para o horizonte B latossólico ou óxico;

- e) ausência de fragmentos do material de partida na massa do solo;
- f) capacidade de troca catiônica inferior a 16 me/100g ou inferior a 13 me/100 g de argila após correção para carbono;
- g) retenção catiônica inferior a 10 me/100 g de argila;
- h) relação silte/argila inferior a 0,6;
- i) relação Ki inferior a 2,0 e textura muito argilosa.

De acordo com tais dados, os perfis foram incluídos na categoria de solos com horizonte B latossólico ou óxico, com exceção do PC-5. Tal perfil (PC-5) apresenta horizonte B com espessura inferior a 50cm. Sendo assim, e de acordo com este critério do sistema brasileiro de classificação, ele foi incluído na classe de horizonte (B) incipiente. Por outro lado, se considerarmos os critérios da Soil Taxonomy, o PC-5 será incluído como horizonte óxico.

Relacionando-se as características dos perfis PC-2 e PC-7 com as Terras Brunas Estruturadas, observa-se uma semelhança em relação à cor, grau de desenvolvimento da estrutura, classe de textura, gradiente textural e dessaturação do solo. Estas características, contudo, não são suficientes para integrá-los na categoria das Terras Brunas Estruturadas, pela não constatação de cerosidade ou seja, argilans de iluviação observáveis nas lâminas, que caracterizaria a presença de horizonte B textural ou argílico, horizonte típico desses solos.

Levando-se em consideração outras propriedades dos solos, além das consideradas como diagnósticas, como o regime de umidade údico e isotérmico de temperatura, predominan

tes na região, assim como, o tipo de epipedon, a mineralogia, tipo de estrutura e presença de nódulos gibbsíticos para a Soil Taxonomy e, junção de cores com teores totais de óxidos de ferro para a classificação brasileira, os perfis podem ser tentativamente incluídos nas classes, apresentadas na Tabela 17.

No sistema brasileiro de classificação de solos, os Latossolos são classificados com base no teor total de óxidos de ferro extraído pelo ataque sulfúrico, contudo, este critério não deveria ser utilizado como característica diagnóstica principal, tendo em vista que, o teor de ferro no solo não explica os processos pedogenéticos de formação do solo, assim como, a sua mineralogia.

Diversos autores estudando relações entre óxidos de ferro e a cor do solo (WEAVER, 1974; DAVEY et alii, 1975; RESENDE, 1976; RODRIGUES, 1977; BIGHAN et alii, 1978b; VOLKOFF, 1978; VOLKOFF e RIBEIRO, 1979; SCHWERTMANN et alii, 1982 e KAMPF e SCHWERTMANN, 1983) constataram que a cor do solo é determinada pelo tipo de óxido de ferro e principalmente, pela concentração de hematita presente, de maneira que, as cores brunadas e amarelas estão relacionadas a presença de goethita, enquanto que, as cores vermelhas refere-se à presença de hematita. Tal fato, sugere que não se deve utilizar os teores de óxidos de ferro total, como critério único na distinção de classes de solos através da cor, tendo em vista que, solos de cores amarelas podem apresentar teores bastantes elevados de óxidos de ferro, o que nem sempre ocorre com os solos de cores vermelhas.

De acordo com os teores de ferro total extraído pelo ataque sulfúrico inferior a 10%, mas, com a coloração brunada nos matizes 10YR e 7,5YR, os perfis PC-2 e PC-7 fo

Tabela 17 - Classificação tentativa dos solos nos sistemas brasileiro e americano.

Solo (perfil)	Classificação brasileira	Classificação americana
PC-1	Latossolo Vermelho Amarelo Álico câmbico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo ondulado.	Tropeptic Umbriorthox clayey oxidic isothermic.
PC-2	Latossolo Bruno Álico câmbico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado, relevo ondulado.	Tropeptic Umbriorthox clayey oxidic isothermic.
PC-3	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado.	Typic Acrorthox clayey oxidic isothermic.
PC-4	Latossolo Vermelho Amarelo Álico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo plano a suave ondulado.	Tropeptic Acrorthox clayey oxidic isothermic.
PC-5	Cambissolo Álico argila de baixa atividade A moderado muito argiloso fase pedregosa I campo cerrado relevo forte ondulado.	Typic Gibbsiorthox clayey oxidic isothermic.
PC-6	Latossolo Vermelho Amarelo Álico A proeminente muito argiloso fase pedregosa II campo cerrado relevo ondulado.	Typic Gibbsiorthox clayey oxidic isothermic.
PC-7	Latossolo Bruno Álico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado.	Tropeptic Umbriorthox clayey oxidic isothermic.
PC-8	Latossolo Bruno Álico câmbico A moderado muito argiloso fase campo cerrado relevo ondulado.	Tropeptic Umbriorthox clayey oxidic isothermic.

ram incluídos na classe dos Latossolos Brunos, apesar de apresentarem teores de óxidos de ferro (Tabela 1) inferiores aos dos Latossolos Brunos ($>20\%$ de Fe_2O_3) encontrados no sul do Brasil (BRASIL, 1973 e EMBRAPA, 1980a e b). Os perfis PC-1, PC-3, OC-4 e PC-6, também com teores de óxidos de ferro total inferior a 10%, mas, com coloração variando de bruno avermelhado no matiz 5YR a vermelho escuro no matiz 2,5YR, foram enquadrados nos Latossolos Vermelhos Amarelos e o perfil PC-5 nos Cambissolos por não atingir a espessura mínima para horizonte B latossólico, apesar de ter horizonte óxico. Os solos correspondentes aos perfis PC-1, PC-2 e PC-8 foram considerados como intermediários para cambissolo pela pequena espessura do solo e pelas quantidades de feldspatos e mica encontradas nestes solos.

Na Soil Taxonomy os solos foram enquadrados na subordem Orthox, nos grandes grupos Acrosthox (perfis PC-3 e PC-4), Umbriorthox (perfis PC-1, PC-2 e PC-7) e Gibbsiorthox (perfis PC-5 e PC-6). Além do subgrupo Typic, foi utilizado o subgrupo Tropeptic para caracterizar solos oxídicos com estrutura mais desenvolvida. Por similaridade, com a Soil Taxonomy, já que o sistema brasileiro de classificação de solos tem adotado grande parte da Soil Taxonomy, seria de grande utilidade a criação de um subgrupo dentro dos Latossolos que incluísse solos semelhantes as Terras Brunas Estruturadas.

6. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados e discutidos deste trabalho permitem estabelecer as seguintes conclusões:

- a - As diferenças relacionadas à cor destes solos, estão associadas aos tipos de óxidos de ferro; as cores brunadas referem-se a presença de goethita e as vermelhas a hematita. A presença de goethita está relacionada ao recobrimento mais recente, enquanto que, a presença da hematita relaciona-se aos solos enterrados;
- b - O tipo de estrutura em forma de bloco subangular de grau moderado, bastante evidente, mas, pouco variável na maioria dos perfis, reflete a influência de material amorfos altamente hidratável, tanto na parte alta e instável da paisagem, como na parte baixa, onde o fluxo lateral de água concorre para a formação deste tipo de estrutura;
- c - Os valores de superfície (64 a 187 m²/g) para solos com mineralogia 1:1, refletem a influência da material amorfos, mica e matéria orgânica no complexo coloidal destes solos;

- d - A pequena variação no teor de água sob as tensões de 1,0 a 15 atmosferas é o reflexo da textura muito argilosa, associada a mineralogia de baixa atividade, restringindo a água disponível a baixas tensões;
- e - Os teores elevados de matéria orgânica nos horizontes subsuperficiais dos perfis PC-4, PC-7 e PC-8, correspondem a horizontes A de solos enterrados e não a horizontes B de acumulação iluvial de matéria orgânica;
- f - A utilização dos componentes da matéria orgânica, resultantes do fracionamento do húmus, como compostos índices, na identificação de solos enterrados é bastante promissora;
- e - Todos os perfis estudados são dessaturados, álicos e distróficos;
- h - As curvas de titulação potenciométrica para determinação do PCZ destes solos, foram similares às de óxidos de ferro, de caulinita e de solos tropicais, indicando que o comportamento eletroquímico destes solos pode ser analisado pelo sistema de cargas variáveis;
- i - Os óxidos de ferro presentes nestes solos estão representados em sua maior parte pela goethita-Al-substituída. A transformação da hematita em goethita, num meio rico em alumínio, ocorreu a partir do solo atual para o paleossolo;

- j - A gibbsita encontrada nestes solos demanda duas origens distintas: a gibbsita primária I formada pela alteração direta de feldspatos, apresentando-se no tamanho das frações areia e silte; e a gibbsita secundária II formada pela dessilicatização da caulinita através de uma fase intermediária de materiais e consequente recristalização à gibbsita;
- k - A caulinita dominante na fração argila foi formada pela alteração direta do feldspato, dessilicatização da gibbsita primária I e da alteração da mica;
- l - A persistência nos solos da vermiculita com hidroxila interlamelar é decorrente do processo de aluminação das intercamadas dos minerais de argila 2:1, que reduz a sua capacidade de troca e proporciona-lhe uma maior estabilidade;
- m - A mica encontrada nestes solos é uma mica secundária, originada pela alteração de feldspatos na presença de K^+ , uma vez que as rochas alcalinas de Poços de Caldas não possuem mica em sua constituição;
- n - A matriz do solo é constituída essencialmente por caulinita e gibbsita. A associação da caulinita com microcristais de gibbsita, altamente anisotrópico, resultou na formação de uma estrutura plásmica sépica;
- o - A presença de feldspato, mesmo do tamanho da fração areia, nestes solos, é devido ao revestimento pelos óxidos de ferro, isolando-o do intemperismo;

- p - Todos os perfis estudados possuem características de horizonte B latossólico, com exceção do perfil PC-5 que apresenta horizonte B incipiente;
- q - Os teores de óxidos de ferro total ($\leq 9\% \text{Fe}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$) permitem enquadrar estes solos na classe dos Latossolos Brunos e Vermelhos Amarelos. A única distinção entre eles seria a estruturação em blocos subangulares de grau moderado mais evidente, nos perfis PC-1, PC-2, PC-4, PC-7 e PC-8. Entretanto, tal critério não é considerado como distintivo entre classes de solos no sistema brasileiro de classificação;
- r - Os solos correspondentes aos perfis PC-2 e PC-7, identificados por suas características morfológicas como Terras Brunas Estruturadas, foram classificados como Latossolos, devido a ausência do horizonte B ^xte~~s~~tural;
- s - A criação de um subgrupo dentro dos Latossolos que incluíssem os solos semelhantes as Terras Brunas Estruturadas, serviria para agrupar justamente os solos com características oxídicas, porém, com estrutura mais desenvolvida.

LITERATURA CITADA

- ACRA, M.N. e S.W. WEEP, 1966. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxides and clay. Soil Sci. Baltimore 101: 164-170.
- ALEXANDER, E.B., 1974. Extractable iron in relation to soil age an terraces along the Truckee River, Nevada. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 38: 121-124.
- ALEXANDER, L.T. e J.G. CADY, 1962. Genesis and hardening of laterite in soils. Washington. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. 90 p.
- ALEXIADES, A.C. e M.L. JACKSON, 1966. Quantitative clay mineralogical analysis of soil and sediments. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS MINERAKS, 149. Canadá, 1965. Proceedings. New York. Pergamon Press p. 35-52.
- ALOISI, R.R.; G. RANZANI; J.L.I. DEMATTÊ e C.C. CERRI, 1976. Mineralogia da fração argila de alguns solos do município de Jaboticabal, SP. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 159, Campinas, SP. 1975. Anais da Soc. Bras. ci. Solo, Campinas, p. 457-460.

- ALONSO, M.T.A., 1977. Vegetação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil - Região Sudeste. Rio de Janeiro. V. 3. Região Sudeste, p. 91-118.
- AMEDEE, G. e M. PEECH, 1976. The significance of KCl-extractable Al(III) as an index to lime requirements of soils of the humid tropics. Soil Sci. Baltimore, 121: 227-233.
- ANDRADE, S.S. de; A.C. MONIZ; H.G. dos SANTOS e H. da C. ALMEIDA, 1976. Sequência de evolução de solos bem drenados originados de rochas eruptivas básicas da região fisiográfica de Campo Grande, MT. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15. Campinas, SP, 1975. Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, p. 518-523.
- ANTONELLO, L.L., 1982. Gênese de uma sequência de solos de rochas alcalinas do maciço alcalino de Itatiaia, RJ: mineralogia, geoquímica e micromorfologia. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro , 262 p.
- ASHAYE, T.J., 1969. Sesquioxide status and particle size distribution in twelve Nigerian soils derived from sandstone. African soils: 14: 85-86.
- AUBERT, G., 1954. Les sols lateritiques. In: International Congress Soil Science, 5^o General lecture. 7 Aug. 1954. Mimeografado. Apud. MONIZ, A.C. e M.L. JACKSON, 1967. Quantitative mineralogical analysis of brasilian soils derived from basic rocks and slate. Madison. University of Wisconsin, 74 p. (Wisconsin Soil Science Report 212).

- AZEVEDO, L.G., 1962. Tipos de vegetação do sul de Minas e Campos da Mantiqueira. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 34: 225-243.
- BARBOSA, O., 1936. Notas preliminares sobre o planalto de Poços de Caldas e suas possibilidades econômicas. Dep. Nac. Prod. Min., Serv. Fom. Prod. Min., Rio de Janeiro. Avulso 8, 33 p.
- BENNEMA, J. e M.N. CAMARGO, 1964. Esboço parcial da segunda aproximação de solos brasileiros; subsídios à IV Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. 17 p.
- BENNEMA, J., 1966. Classification of Brazilian soils. Report to the government of Brazil. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 23 p.
- BATES, T.F., 1960. Rock weathering and clay formation in Hawaii. Mineralogy Ind. 28:1-6.
- BIGHAN, J.M.; D.C. GOLDEN; L.H. BOWEN; S.W. BUOL e S.B. WEED, 1978a. Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols. I. Characterization of iron oxides in soil clay by Mössbauer Spectroscopy, X-ray diffractometry, and selected chemical techniques. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 42: 817-825.
- BIGHAN, J.M.; D.C. GOLDEN; L.H. BOWEN; S.W. BUOL e S.B. WEED, 1978b. Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols. II. Influence on color, surface area and phosphate retention. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 42: 825-830.

- BLUME, H.P. e U. SCHWERTMANN, 1969. Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron, and manganese oxides. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 33: 438-444.
- BOWDEN, J.W.; A.M. POSNER e J.P. QUIRK, 1980. Adsorption and charging phenomena in variable charge soils. In: THENG, B. K.G. ed. Soils with variable charge. New Zealand Soc. Soil Sci. Palmerston North. Lower Hutt p. 147-165.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife (Boletim Técnico, 30).
- BREWER, R., 1976. Fabric and mineral analysis of soils. John Willey and Sons, New York. 470 p.
- BREWER, R., 1972. Use of macro and micromorphological data in soil stratigraphy to elucidate surficial geology and soil genesis. Jour. Geol. Soc. Australia, Melbourne, 19: 331 - 344.
- BROADBENT, F.E.; R.H. JACKMAN e J. McNICOLL, 1964. Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand allophanic soils. Soil Sci. Baltimore, 98: 118-128.
- BROWN, G., 1961. The X-ray identification and crystal structure of clays minerals. Mineralogical Society, London. 544 p.
- BUOL, S.W. e M.D. FADNESS, 1961. New method of impregnating fragile material for thin sectioning. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 25: 253-258.

- BUSHEE, J., 1971. Potassium-argon ages of some alkaline rocks from Southern Brazil. Ph.D. Dissertação. University of California, Bekerley, 145 p. Apud. MOLITERNO, A.M.C.; M. KORITIAKE; M.J.N. de SOUZA e S.K. RODRIGUEZ, 1983. Projeto Boavista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP Rio Claro, 190 p.
- BUTTLER, B.E., 1959. Periodic phenomena in landscapes as a basis for soil studies. CSIRO Aust. Soil Publication, 14. Melbourne. 20 p.
- CADY, J.G., 1965. Petrographic microscope techniques. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis, Part I. American Society Agronomy, Madison. p. 617-622.
- CARTER, D.L.; M.D. HEILMAN e C.L. GONZALEZ, 1965. Ethylene glycol monoethyl ether for determining surface area of silicate minerals. Soil Sci. Baltimore 100: 356-360.
- CASHEN, G.H., 1959. Electric charges of kaolin. Trans. Faraday Soc. 55: 477-486.
- CIHACEK, L.J. e J.M. BREMNER, 1979. A simplified ethylene glycol monoethyl ether procedure for assessment for soil surface area. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43: 821-822.
- CRISTOFOLETTI, A., 1970. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Caldas (MG). Tese de Livre Docência. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, UNESP, Rio Claro, São Paulo. 215 p. (não publicada).
- DABIN, B., 1971. Etude d'une methode de fractionnement des matières humiques dy soil Science du Sol. Paris, 1: 47-63.

- DAVEY, B.G.; J.D. RUSSEL; M.J. WILSON, 1975. Iron oxide acid clay minerals and their relation to colours of red and yellow podzolic soils near Sydney, Australia. Geoderma, Amsterdam, 14: 125-138.
- DECHEN, S.C.F., 1979. Caracterização e mineralogia de solos desenvolvidos de folhelho e arenito. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP, Piracicaba, São Paulo. 235 p. (Não publicada).
- DEMATTE, J.L.I., 1975. Characteristics and classification of a toposequence of soils near Piracicaba, Brazil. Tese de Ph.D. Columbus, Ohio State University. 298 p. (Não publicada).
- DEMATTE, J.L.I.; L.P. WILDING e N. HOLOWAYCHUK, 1977. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. III. Micromorfologia. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 1: 104-107.
- DESHPAND, T.L.; D.L. GREENLAND e J.P. QUIRK, 1968. Changes in soil properties associated with the removal of iron and aluminum oxides. J. Soil Sci., Edinburgh, 19: 108-122.
- DE VILLERS, J.M., 1965. Present soil forming factors and processes in tropical and subtropical regions. Soil Sci., Baltimore, 99: 50-57.
- DIXON, J.B., 1966. Quantitative analysis of kaolinite and gibbsite in soils by differential thermal and selective dissolution methods. In: NATIONAL CONFERENCE CLAYS AND CLAY MINERAL, 14. Canadá, 1965. Proceedings. New York, Pergamon Press. p. 83-98.

- DUCHAUFOR, P., 1977. Pédogênese et classification. Masson Paris, 477p. Apud. LIMA, J.M.J.C., 1979. Estudo de uma sequência de solos desenvolvidos de rochas básicas do sudoeste do Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". Piracicaba, SP, Brasil, 123p. (Não publicado).
- EL-ATTAR, H.A.; J.K. SYERS e M.L. JACKSON, 1969. Kaolinite determination by selective dissolution analysis. Madison, University of Wisconsin, 29p.
- ELLERT, R., 1959. Contribuição a geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (USP-FFCL), p.1-63 (Boletim nº 237).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1979. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1980a. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro (No prelo).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1980b. Estudo expedito de Solos do Estado de Santa Catarina, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. Rio de Janeiro. 155p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1982. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Rio de Janeiro. 107p.
- ESWARAN, H., 1972. Micromorphological indicators of pedogenesis in some tropical soil derived from basalt from Nicaragua. Geoderma, Amsterdam, 7: 15-31.

- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy; A basic system of soil classification for mapping and interpreting soil survey. Washington. 754 p. (Agriculture Handbook, 436).
- FEY, M.V. e L. LE ROUX, 1977. Properties and quantitative estimation of poorly crystalline components in sesquioxidic soil clays. Clays and Clay Minerals. Pergamon Press. 25: 285-294.
- FINKL Jr.; C.W. e R.J. GILKES, 1976. Relationships between micromorphological soil features and known stratigraphic layers in western Australia. Geoderma. Amsterdam. 15: 179-208.
- FITZPATRICK, R.W. e U. SCHWERTMANN, 1982. Al-substituted goethite an indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. Geoderma. Amsterdam, 27: 335-347.
- GALHEGO, H.R. e C.R. ESPINDOLA, 1976. Estudo mineralógico de solos da região de Botucatu - São Manuel, SP. I. A fração argila de perfis de Latossolos Vermelhos Amarelos fase arenosa. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15º. Campinas, SP, 1975. Anais Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, p. 439-445.
- GALLEZ, A.; A.S.R. JUO e A.J. HERBILLON, 1976. Surface and charge characteristics of selected soils in the tropics. Soil Sci. Soc. Amer. J., Madison, 40: 601-608.

- GAMBLE, E.E. e R.B DANIELS, 1972. Iron and silica in water, acid ammonium oxalate and dithionite extracts of some North Caroline Coastal Plain Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 36: 939-943.
- GARDNER, L.R., 1972. Conditions for direct formation of gibbsit from K-feldspar-further discussion. Amer. Miner. 57: 294-300.
- GILLMAN, G.P., 1974. The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. Austr. J. Soil. Res. , Melbourne, 12: 173-176.
- GILLMAN, G.P. e G. UEHARA, 1980. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: II. Experimental. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 44: 252-255.
- GOEDERT, W.J.; J.K. SYERS e R.B. COREY, 1976. Relações caulinita-quartzo-gibbsita em solos desenvolvidos de basaltos no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15ª Campinas, SP, 1975. Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, p. 496-498.
- GOH, R.M., 1980. Dynamics e stability of organic matter. In: TENG, B.K.G., ed. Soils with variable charge. New Zealand Soc. Soil Sci. Palmerston North. Lower Hutt. p. 373-427.
- GORSKY, V.A. e E. GORSKY, 1974. Contribuição à mineralogia e petrografia do planalto de Poços de Caldas. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 92 p. (Boletim nº 13).

- GREENLAND, D.J.; J.M. OADES e T.J. SHERWIN, 1968. Electron microscope observations of iron oxides in some red soils. J. Soil Sci. Edinburg. 19: 123-126.
- GRIM, R.F., 1968. Clay mineralogy. 2 ed. New York, McGraw Hill. 596 p.
- HEILMAN, M.D.; D.L. CHARTER e C.L. GONZALEZ, 1965. The ethylene glycol monoethyl ether (EGME) technique for determination soil-surface area. Soil Sci. Baltimore, 100: 409-413.
- HINGSTON, F.J.; A.M. POSNER e J.P. QUIRK, 1972. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. J. Soil Sci., Oxford, 23: 177-192.
- HSU, P.H., 1963. Effect of initial pH, phosphate, and silica on determination of aluminum with aluminon. Soil Sci., Baltimore, 96: 230-238.
- HSU, P.H., 1977. Aluminum hydroxides and oxyhydroxides. In: DIXON, J.B. e WEED, S.B. (eds), Mineralogy in soil environments. Soil Science Society of America, Madison, p. 99-143.
- IGNATIEFF, V. e R. LEMOS, 1963. Some management aspects of more important soils, Soil Sci., Baltimore. 95: 243-249.
- JACKSON, M.L.; S.A. TYLLER; A.L. WILLIS; O.A. BOURBEAU e R.P. PENNINGTON, 1948. Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments. I. The Journal of Phys. and Coll. Chem. Washington, D.C., 52: 1257-1261.

- JACKSON, M.L. e G.D. SHERMAN, 1953. Chemical weathering of minerals in soils. In: NORMAN, A.C. ed. Advances in agronomy. New York, Academic Press, v. 5, p. 219-318.
- JACKSON, M.L., 1964. Clay transformation in soil genesis during the quaternary. Soil Sci. New Brunswick, 99: 15-22.
- JACKSON, M.L., 1969. Soil chemical analysis; advanced course. Madison, University of Wisconsin. 894 p.
- JANOT, G. e H. GIBERT, 1970. Etude des substitutions Al-Fe dans des roches lateritiques. B. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr. Paris. 94: 367-380.
- JUNGERIUS, P.D. e T.W.M. LEVELT, 1964. Clay mineralogy of soils over sedimentary rocks in Eastern Nigeria. Soil Sci. Baltimore. 97: 89-95.
- KAMPF, N. e E. KLAMT, 1978. Mineralogia e gênese de Latossolos (oxisols) e solos Podzólicos da região Nordeste do Planalto Sul-Riograndense. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2: 68-73.
- KAMPF, N. e U. SCHWERTMANN, 1982. The 5-M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. Clays and Clay Minerals. 30: 401-408.
- KAMPF, N. e U. SCHWERTMANN, 1983. Relações entre óxidos de ferro e a cor em solos caoliniticos do Rio Grande do Sul. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 7: 27-31.
- KELLER, W.D., 1970. Environmental aspects of clay materials. Journal Sed. Petrol. 40: 788-854.

- KENG, J.C.W.; G. UEHARA, 1974. Chemistry, mineralogy, and taxonomy of oxisols e ultisols. Soil Crop Sci. Soc. Florida, Proc., 33: 119-126.
- 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 Minerals, 17: 157-167.
- KRISHNA MURTI, G.S.; V.V. VOLK e M.L. JACKSON, 1966. Colorimetric determination of iron mixed valency by orthophenanthroline. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 30: 663-664.
- LEPSCH, I.F.; S.W. BUOL e R.B. DANIELS, 1977b. Soil landscape relationships in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil. II. Soil morphology, genesis and classification. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 41: 109-115.
- LE ROUX, J., 1973. Quantitative clay mineralogical analysis of Natal Oxisols. Soil Sci., Baltimore, 115: 137-144.
- LIMA, J.M.J.C., 1979. Estudo de uma sequência de solos desenvolvidos de rochas básicas do sudoeste do Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brasil. 123 p. (Não publicado).
- LINDSAY, 1982. Chemical equilibria in soils. John Wiley e Sons, New York, 423 p.
- MAIGNIEN, R., 1958. Le cuirassement des sols en Guinée. Mém. Serv. Carte Geol. Als. Loss nº 16. Strasburb. 239 p. Apud: VOLKOF, B, 1978. Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos latossolos da Bahia. R. bras.Ci. Solo, Campinas, 2: 55-59.

- MEKARU, T. e G. UEHARA, 1972. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 36: 296-300.
- McKEAGUE, J.A. e J.H. DAY, 1966. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Can. J. Soil Sci. Ottawa, 46: 13-22.
- McKEAGUE, J.A., 1967. An evaluation of 0,1M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractable of the acumulation products in podzol and some other soils. Can. J. Soil Sci., Ottawa, 47: 95-99.
- McKEAGUE, J.A.; J.E. BRYDON e N.M. MILES, 1971. Differentiating of forms extractable iron and aluminium in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 35: 33-38.
- MEHRA, O.P. e M.L. JACKSON, 1960. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY MINERALS, 7, Washington, 1958. Proceedings. New York Pergamon Press, p. 317-327.
- MELFI, A.J. e V.A.V. GIRARDI, 1962. Ocorrência de um sill de diabásio no arenito Botucatu, município de Igarapava, SP. Bol. Soc. Bras. Geol., 11: 55-70.
- MENDES, A.C.T.; S.C. FALCI e J.L.I. DEMATTÊ, 1973. Seções delgadas de solos: método de impregnação. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 30: 35-48.

- MOLLER, M.R.F. e E. KLAMT, 1982. Identificação e gênese de argilominerais em Latossolo Roxo de Santo Angelo (RS). R.bras. Ci. Solo. Campinas, 6: 161-166.
- MONIZ, A.C. e M.L. JACKSON, 1967. Quantitative mineralogical of brazilian soils derived from basic rocks and slate. Madison, University of Wisconsin. 74 p. (Wisconsin Soil Science Report, 212).
- MONIZ, A.C., 1969. Estudo mineralógico de argilas do macico alcalino de Poços de Caldas. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras -USP, 134 p. (Boletim nº 304).
- MONIZ, A.C. e J.B. OLIVEIRA, 1974. Estudo mineralógico de solos derivados de rochas ígneas básicas da Estação Experimental de Ribeirão Preto, SP. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 14º, Santa Maria, RS, 1973. Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Santa Maria, p. 591-601.
- MONIZ, A.C. e S.W. BUOL, 1982 . Formation of an oxisol-ultisol transition in São Paulo, Brazil: I. Double-water flow model of soil development. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 46: 1228-1233.
- MONIZ, A.C.; S.W. BUOL e S.B. WEED, 1982 . Formation of an oxisol-ultisol transition in São Paulo, Brazil: II. Lateral dynamics of chemical weathering. Soil Sci. Soc. Amer. J. Madison, 46: 1234-1239.
- MOORE, T.R., 1973. The distribution of iron, manganese and aluminum in some soils from North-East Scotland. J. Soil Sci. Edinburgh, 16: 192-209.

- MORAIS, F.I.; A.L. PAGE e L.J. LUND, 1976. The effect of pH, salt concentration e nature of electrolytes on the charge characteristics of brazilian tropical soils. Soil Sci.Soc. Am. J., Madison, 40: 521-527.
- MOREIRA, A.A.N. e C. CAMELIER, 1977. Relevo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil - Região Sudeste. Rio de Janeiro. V.3. Região Sudeste, p. 1-50.
- MOURA FILHO, W. e S.W. BUOL, 1972. Studes of a Latosol Roxo (Eutrustox) in Brazil: Clay mineralogy. Experientae. Viçosa. 13: 218-234.
- NIMER, E., 1977. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil - Região Sudeste. Rio de Janeiro. V.3. Região Sudeste, p. 51-90.
- NORRISH. K. e R.M. TAYLOR, 1961. The isomorphous replecement of iron by aluminium in soil goethites. J. Soil Sci., Ottawa, 12: 294-306.
- OJANUGA, A.G. e K. WIRTH, 1977. Treefold stonelines in South western Nigeria: evidence of cyclic soil e landscape development. Soil Sci. Baltimore, 123: 249-257.
- OLIVEIRA, J.B.; R.R. ALFONSI e M.P. PEDRO JUNIOR, 1976. Regimes hídricos e térmico dos solos do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15º, Campinas, SP, 1975, Anais. Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 352-359.
- OLLIVIER, C.D., 1959. A two cycle theory of tropical pedology. Journal Soil Science, Edinburgh, 10: 137-148.

- PARFITT, R.L., 1980. Chemical properties of variable charge soils. In: THENG, B.K.G. ed. Soils with variable charge. New Zealand Society of Soil Science. Palmerston North, Lower Hutt, p. 167-194.
- PARKS, G.A. e P.L. de BRUYN, 1962. The zero point of charge of oxides. J. Phys. Chem., 66: 967-973.
- PARKS, G.A., 1967. The isoelectric points of solid oxides, solid hydroxides and aqueous hydroxide complex systems. Chem. Revs. 65:177-198
- PEDRO, G., 1966. Essai sur la caracterization géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération géochimique des roches superficielles. C.R.Ac. Sci. Paris. 1292D: 1828-1831. Apud: ANTONELLO, L.L., 1982. Gênese de uma sequência de solos de rochas alcalinas do maciço alcalino de Itatiaia., RJ.: Mineralogia, geoquímica e micromorfologia. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 262 p.
- PENTEADO, M.M., 1983. Fundamentos de geomorfologia. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, 185 p.
- PESSOA, S.C.P., 1979. Estudo de uma sequência de perfis de podzólicos e latossolos desenvolvidos de granulitos, na zona úmida costeira Sul do Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 146 p.
- POMBO, L.C.A.; E. KLAMT; I. KUNRATH e D. GIANLUPPI, 1982. Identificação de óxidos de ferro na fração argila de Latossolo Roxo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 6: 13-17.

- POTTER, R.O., 1977. Caracterização de solos da região dos campos de cima da serra - RS. Tese (Mestrado-Agron.-solos) Fac. Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. (Não publicada).
- PRATT, P.F., 1965. Digestion with hydrofluoric e perchloric acids for total potassium acid sodium. In: BLACK, C.A. ed. Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, 1019-1021.
- RESENDE, M., 1976. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. Tese Ph.D., Lafayette, Purdue University. 237 p.
- RODRIGUES, T.E., 1977. Mineralogia e gênese de uma sequência de solos dos cerrados, no Distrito Federal. Tese (Mestr. Agron. Solos). Faculdade de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre, 101 p. (Não publicada).
- RUHE, R.W., 1956. Landscape evolution in the high Ituri Belgian Congo. Serie Scientifique nº 66. INEAC. Bruxellas.
- RUHE, R.W., 1960. Elements of soil landscape. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE. Transactions, Madison. International Society of Soil Science. V. 4. p. 165-170.
- RUZICKA, J.; J.W.B. STEWART e E.A.G. ZAGATTO, 1976. Flow in -jection analysis. Part IV. Stream sample splirrtting and its aplication to the continuous spectrophotometric determination of chloride in brackish waters. Analytica Chimica Acta, 81: 387-396.
- SCHOFIELD, R.K., 1949. Effect of pH on electric charges carried by clay particles. J. Soil Sci., Oxford, 1: 1-8.

- SCHWERTMANN, U., 1964. The differentiation of iron oxides in soils by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. *Z. Pflanzener nahr Dung. Bodenkund*, 105: 194-201. Abstract in Soil Fert. 28: 28.
- SCHWERTMANN, U., 1971. Transformation of hematite to goethite in soils. *Nature*, Londres, 232: 624-625.
- SCHWERTMANN, U. e R.M. TAYLOR, 1977. Iron oxides. In: DIXON, J.B., ed. Minerals in soil environments. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 145-180.
- SCHWERTMANN, U.; E. MURAD e D.G. SCHULZE, 1982. Is there Holocene reddening (hematite formation) in soils of axeric temperature areas? *Geoderma*, Amsterdam. 27: 209-223.
- SCHWERTMANN, U., 1983. The role of aluminum in iron oxide systems. In: MELFI, A.J. e CARVALHO, A. ed. Lateritization Processes. International Seminar Lateritization. Processes II, 1982, USP. São Paulo. p. 65-68.
- SCHWERTMANN, U.; W.R. FISCHER e H. PAPENDORF, 1968. The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9, Adelaide, 1968. Transactions, New York, American Elsevier, V.1, p.645-656.
- SHERMAN, G.D.; Y. MATSUSAKA; H. IKAWA e G. UEHARA, 1964. The role of amorphous fraction in the properties of tropical soils. Agrochimica, 7: 146-163.

- SIEFFERMANN, G. e G. MILLOT, 1969. Equatorial and tropical weathering of recent basalts from Cameroon: allophanes, halloysite, kaolinite and gibbsite. In: INTERNATIONAL CLAY CONFERENCE. Proceedings. Tokio, 1969. Israel Universities Press. Jerusalem, 417-430.
- THIESEN, A.A. e M.E. HARWARD, 1962. A paste method for preparation of slides for clay mineral identification by x-ray diffraction. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26: 90-91.
- TOKASHIKI, Y. e K. WADA, 1975. Weathering implications of the mineralogy of clay fractions of two soils, KYUSHU. Geoderma, Amsterdam, 14: 47-62.
- TORRENT, J.; U. SCHWERTMANN, e D.G. SCHULZE, 1980. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. Geoderma, Amsterdam, 23: 191-208.
- UEHARA, G. e G.P. GILLMAN, 1981. Mineralogy chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. Boulder, Westview Press, 170 p.
- UEHARA, G. e J. KENG, 1975. Management implications of mineralogy in Latin America. In: BORNEMISZA, E. e ALVARADO, A. (ed.), Soil Management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh. p. 351-363.
- VAN DIJK, H., 1971. Colloid chemical properties of humic matter. In: H.D. McLAREN and J. SKUJINS (editors). Soil biochemistry, V.2, Marcel Dekker, New York p. 16-35. Apud: GOH, K.M., 1980, Dynamics and stability of organic matter. In: TENG, B.T.K (editors), 1980. Soils with variable charge. New Zealand Society of Soil Science, Lowes Hutt p. 373-393.

- VAN OLPHEN, H., 1963. Introduction to clay colloid chemistry. Interscience. New York. 301 p.
- VAN RAIJ, B. e M. PEECH, 1972. Electrochemical properties of some oxisolos e alfisolos of the tropics. Soil Sci.Soc.Amer. Proc., Madison, 36: 587-593.
- VAN WAMBEKE, A., 1962. Criteria for classifying soils by age. J.Soil Sci. Edinburg, 13: 124-132.
- VETTORI, L., 1969. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Escritório de Pesquisa e Experimentação. 24 p. (Boletim Técnico, 7).
- VETTORI, L., 1975. Ferro "livre" por cálculo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15º, Campinas, SP, 1975, Anais, Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, p. 127-128.
- VOLKOFF, B., 1977. La matiere organique des sols ferrallitiques du Nordeste du Brasil. Cahiers ORSTON, Série Pédo., Paris, 15: 61-75.
- VOLKOFF, B., 1978. Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos Latossolos da Bahia. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2: 55-59.
- VOLKOFF, B. e L.P. RIBEIRO, 1979. O ferro em solos vermelhos latossólicos e podzólicos da região de Jequié (BA). R.bras. Ci. Solo, Campinas, 3: 162-168.
- VOLKOFF, B. e C.C. CERRI, 1981. Humus em solos da floresta amazônica na região do Rio Madeira. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5: 15-21.

- WEAVER, R.M.; J.K. SYERS e M.L. JACKSON, 1968. Determination of silica in citrate-bicarbonate-dithionite extracts of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 497-501.
- WEAVER, R.M., 1974. Soils of the Central Plateau of Brazil: Chemical and mineralogical properties. New York, Ithaca Cornell University. 45. p. (Agronomy mineo 74-8).
- WEBER, B.N., 1959. Bauxitização no distrito de Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil. Bol. Soc. Bras. Geol., 8: 17 - 30.
- WILSON, M.J., 1969. A gibbsite soil from the weathering of an ultrabasic rock on the island of Rhum. Scott. J. Geol. 5: 81-9.

9. APÊNDICES

APENDICE I

Perfil: PC-1

Data: 25/07/81

Classificação: CAMBISSOLO ÁLICO, argila de baixa atividade A proeminente muito argiloso, fase campo cerrado relevo ondulado (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO câmbico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado, relevo ondulado).

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 7 km de Cascata, na Fazenda Sobradinho, na estrada para a Fazenda Genipapo, Águas da Prata, SP.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira no terço superior da elevação, com 10 % de declive, sob campo natural (campo cerrado).

Altitude: 1 290 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo (?)

Material originário: Material resultante da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolitos.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Pasto natural.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

A1 0- 12 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno amarelado escuro (10YR 4,5/2, seco); franco argiloso; forte pequena e média granular; muito duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

A3 12- 23 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) muito argiloso e bruno acinzentado (10YR 5/2, seco); franco argiloso; forte pequena a grande bloco subangular; superfície fosca (?); extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.

B21 23- 45 cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena a grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro, muito firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

- B22 45- 65 cm; bruno avermelhado (5YR 5/4, úmido); muito argiloso; fraca a moderada pequena a grande bloco subangular; cerosidade fraca a moderada comum (?); extremamente duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- B3 65-115 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6 úmido); argila siltosa; fraca a moderada pequena a média bloco subangular; cerosidade comum (?); extremamente duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.
- C1 15-175 cm; bruno avermelhado (5YR 5/3, úmido), com mosqueado abundante pequeno e médio preminente vermelho (2,5YR 5/6, úmido), cinzento N5/ e bruno forte (7,5YR 5/8, úmido); franco argilo siltoso; maciça, muito duro, friável a firme; plástico e pegajoso.
- C2 175-265+cm; bruno amarelado (10YR 5/4, úmido) e cinzento (N6/, úmido); franco argilo siltoso; plástico e pegajoso.
- Raízes: Finas abundantes no A1, muitas no A3 e B21, comuns B22 e poucas no B3 e raras no C1.
- Observações: Poros: muito pequenos a grandes muitos no A1, comuns no A3; pequenos a grandes muitos no B21, B22, B3 e C1.
A atividade de organismo é comum em todo o perfil. Presença de concreções dispersas em linha no topo do horizonte B23, O horizonte C2 foi coletado com auxílio de trado. A cerosidade desa parece no solo seco.

PERFIL PC-1

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1620/1626

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH calgon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte		Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2- 0.20 mm	Areia fina 0.20- 0.05 mm	Silte 0.05- 0.002 mm	Argilla < 0.002 mmg			% Silte	% Argila	Aparente	Real	
A1	0- 12	0	tr	100	5	2	20	73	58	21	0,27				
A3	- 23	0	1	99	5	1	20	74	47	36	0,27				
B21	- 45	0	1	99	4	1	20	75	0	100	0,27				
B22	- 65	0	3	97	6	2	24	68	0	100	0,35				
B3	-115	0	2	98	7	3	31	59	0	100	0,53				
C1	-175	0	0	100	9	4	44	43	0	100	1,02				
C2	-285+	0	0	100	5	3	40	52	0	100	0,77				
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100 Al + + + S + Al + + +		Passível ppm
	Água	KCL 1N	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	Valor S (soma)	Al + + +	H +	Valor T (soma)					
A1	4,8	3,8	1,2	0,5	0,61	0,04	2,4	5,1	7,9	15,4	16	68	<0,5		
A3	4,7	4,0		0,4	0,21	0,03	0,6	5,7	5,3	11,6	5	90	<0,5		
B21	4,9	4,1		0,2	0,08	0,02	0,3	4,9	3,0	8,2	4	94	<0,5		
B22	5,0	4,1		0,2	0,06	0,03	0,3	5,0	1,5	6,8	4	94			
B3	5,1	4,0		0,2	0,06	0,02	0,3	5,4	1,9	7,6	4	95			
C1	5,6	4,0		0,2	0,05	0,04	0,3	6,9	1,5	8,7	3	96			
C2	5,5	3,9		0,2	0,08	0,05	0,3	8,4	1,0	9,7	3	97			
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	Si O ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ livre %	Fe ₂ O ₃ %	Equivalente de CaCO ₃ %	
				H ₂ SO ₄ (1:1)			NaOH (0,8%)								
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO						
A1	3,30	0,25	13	28,3	28,5	5,6	0,58		0,22	1,69	1,50	7,98			
A3	2,27	0,18	13	28,3	29,0	5,8	0,57		0,17	1,66	1,47	7,83			
B21	1,01	0,10	10	29,5	30,1	6,1	0,61		0,17	1,67	1,48	7,15			
B22	0,63	0,07	9	30,1	30,8	5,6	0,57		0,16	1,66	1,49	8,63			
B3	0,32	0,03	11	32,7	31,5	5,7	0,61		0,16	1,76	1,58	8,67			
C1	0,11	0,03	4	34,4	30,9	5,3	0,55		0,67	1,89	1,71	9,15			
C2	0,06	0,03	2	38,2	33,3	4,9	0,55		0,31	1,95	1,78	10,67			
Horizonte	100 Na	Pasta saturada		Salis solúveis (extrato 1:5)								Constantes hídricas %			
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	HCO ₃ = CO ₃ =	Cl-	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade	
A1	<1													40,4	
A3	<1													38,3	
B21	<1													42,5	
B22	<1													36,8	
B3	<1													34,7	
C1	<1													37,8	
C2	1													39,3	

Relação textural:

Perfil: PC-2

Data: 25/07/81

Classificação: TERRA BRUNA ESTRUTURADA ÁLICA argila de baixa atividade A proeminente muito argilosa fase campo cerrado relevo suave ondulado (LATOSSOLO BRUNO ÁLICO câmbico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado).

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 7 km de Cascata, na Fazenda Sobradinho, na estrada para a Fazenda Genipapo, Poços de Caldas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira em terço médio de elevação em declive de 5 %, sob cultura de milho.

Altitude: 1 270 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo (?)

Material originário: material proveniente da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolitos.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Suave ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem a moderadamente drenado.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Culturas de milho, batata, etc.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

Ap 0- 19 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); muito argiloso; forte muito pequena a média granular; duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

A3 19- 35 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); muito argiloso; forte pequena a média, granular e bloco subangular, superfície foscas; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso, transição plana e clara.

B21 35- 52 cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido); muito argiloso; moderada média prismática desfazendo-se em moderada pequena a grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); muito duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

- B22 52- 79 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); muito argiloso ; moderada médio prismática desfazendo-se em moderada pequena a grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro , firme, plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual.
- B3 79-105 cm; bruno (7,5YR 5/2, úmido), com mosqueado pouco pequeno difuso (7,5YR 5/4, úmido); argila siltosa; moderada média a grande prismática; superfície de fricção, extremamente duro; muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- C1 105-210 cm; cinzento (5YR 5/1,5, úmido), com mosqueado pouco médio distinto bruno (7,5YR 5/4, úmido); argila siltosa; extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.
- C2 210-280+cm; coloração variegada; cinzento claro (10YR 7/2, úmido), bruno (10YR 5/4, úmido) e cinzento escuro (10YR 4/1, úmido); argila siltosa ; plástico e pegajoso.
- Raízes: Finas abundantes no Ap, muitas no A3, poucas no B21 e raras no B22.
- Observações: Poros: muito pequenos e pequenos muitos no Ap, muito pequenos a médios no A3, B21; pequenos e médios muitos no B22, B23 e B3; médios a grandes comuns no C1. Presença de concreções irregulares distribuídas em linha no topo do B22. O material do A3 penetrando no B21. A atividade biológica é comum no perfil. A estrutura do B3

e C1 e em cortes próximos ao perfil é prismática quando seco o solo. A cerosidade vista no solo úmido, desaparece nos cortes secos. O C2 foi coletado com trado. Perfil descrito com tempo nublado.

PERFIL PC-2

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1627/1633

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH calcon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte	Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2 - 0.20 mm	Areia fina 0.20 - 0.05 mm	Silte 0.05 - 0.002 mm	Argila < 0.002 mm				Aparente	Real	
Ap	0- 19	0	tr	100	3	1	15	81	60	26	0,19			
A3	- 35	0	tr	100	2	1	17	80	65	19	0,21			
B21	- 52	0	1	99	2	1	14	83	1	99	0,17			
B22	- 79	0	3	97	4	1	17	78	0	100	0,22			
B3	-105	0	tr	100	2	1	21	76	0	100	0,28			
C1	-210	0	tr	100	2	1	29	68	0	100	0,43			
C2	-280+	0	tr	100	2	3	37	58	0	100	0,64			
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100 Al + + + S + Al + + +	Passível ppm
	Água	KCL 1N	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	Valor S (soma)	Al + + +	H +	Valor T (soma)				
Ap	5,1	4,2	4,8	1,7	0,49	0,04	7,0	1,5	7,8	16,3	43	18	1	
A3	4,8	3,9	3,4	0,9	0,29	0,04	4,6	2,9	8,0	15,5	30	39	<0,5	
B21	4,7	4,1	0,7	0,13	0,06	0,9	4,5	4,7	10,1	9	83	<0,5		
B22	4,6	4,1	0,7	0,14	0,02	0,9	4,1	3,0	8,0	11	82			
B3	4,7	4,0	0,4	0,26	0,04	0,7	7,1	1,7	9,5	7	91			
C1	5,1	4,2	0,2	0,12	0,04	0,4	8,1	0,8	9,3	4	95			
C2	5,2	4,2	0,2	0,09	0,04	0,3	7,8	0,6	8,7	3	96			
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO2 Al2 O3 (Kl)	Si O2 R 2 O3 (Kr)	Al 2 O 3 Fe 2 O 3	Fe2 O3 livre %	Equivalente de CaCO3 %
				H 2 SO 4 (1:1)			NaOH (0,8%)							
				SiO 2	Al 2 O 3	Fe 2 O3	Ti O 2	P 2 O 5	MnO					
Ap	2,52	0,24	11	28,1	28,8	7,1	0,59		0,36	1,66	1,43	6,36		
A3	2,51	0,25	10	28,1	29,4	7,0	0,62		0,38	1,62	1,41	6,58		
B21	1,65	0,18	9	28,4	30,8	7,3	0,61		0,21	1,57	1,36	6,62		
B22	0,72	0,10	7	30,9	29,6	7,3	0,65		0,32	1,77	1,53	6,36		
B3	0,35	0,07	5	35,9	28,6	6,6	0,76		0,88	2,13	1,86	6,79		
C1	0,07	0,04	2	39,9	28,0	6,5	0,73		0,68	2,42	2,11	6,76		
C2	0,03	0,03	1	39,6	27,6	6,0	0,75		1,53	2,44	2,14	7,22		
Horizonte	100 Na +	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %				
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	HCO 3 - CO 3 =	Cl-	SO 4 =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
Ap	<1													39,8
A3	<1													41,8
B21	1													37,8
B22	<1													37,7
B3	<1													48,9
C1	<1													45,5
C2	<1													41,8

Relação textural:

Perfil: PC-3

Data: 27/07/81

Classificação: LATOSSOLO BRUNO DISTRÓFICO A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado).

Localização, município, estado e coordenadas: A 7 km de Cascata, na Fazenda Sobradinho, na estrada para Fazenda Genipapo, Poços de Caldas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira no terço inferior da encosta, em declive de 2,5 %, sob cultura de milho.

Altitude: 1 240 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo (?).

Material originário: Material resultante da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolitos.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Suave ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem a moderadamente drenado

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Culturas de milho, batata, etc.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcisio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

- Ap 0- 25 cm; bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno (10YR 4,5/3, seco); franco argiloso; moderada pequena e média granular e bloco subangular; muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- A3 25- 40 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 5,5/3, seco); argila; moderada pequena e média bloco subangular e granular; friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- B1 40- 58 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); argila; fra ca muito pequena a média bloco subangular; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

- B21 58- 84 cm; bruno forte (7,5YR 5/7, úmido), com mosqueado pouco pequeno distinto vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena a média blocos subangular; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.
- B22 84-110 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido), com mosqueado comum, médio proeminente bruno avermelhado (2,5YR 4/4, úmido); muito argiloso; fraca muito pequena a pequena granular; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
- B23 110-153 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); muito argiloso; fraca a moderada pequena a média bloco subangular; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.
- B3 153-197 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido), muito argiloso; fraca muito pequena a média, bloco subangular; duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.
- C1 197-250 cm; vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido), com mosqueado pouco pequeno distinto vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argila; maciça; duro, firme, plástico e pegajoso.
- C2 250-290+cm: coloração variegada: vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido), vermelho (2,5YR 4/6, úmido) e bruno amarelado (10YR 5/4, úmido); argila; maciça; duro, firme, plástico e pegajoso.

Raízes: Finas muitas no Ap e A3; comuns no B1 e B21; poucas no B22 e raras no B23(?).

Observações: Presença de concreções (bauxita) na transição entre B22 e B23(?). Poros: muito pequeno e pequenos muitos no Ap e A3; muito pequeno a grande muitos no B1, B21, B22, B23 e B3 e comunis no C1.

Na parte superior do B23 (?) há presença de melhor estrutura, assim como, cerosidade moderada e comum (?) no B23 e fraca e pouca (?) no B3. A cerosidade desaparece no solo seco. Presença de concreções brandas no do B1 ao C1. Parte do C1 e todo o C2 foi coletado com traço.

PERFIL PG-3

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1634/1642

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH calgon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte		Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)				
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm			% Argila	Aparente	Real						
Ap	0- 25	0	tr	100	2	1	17	80	47	41	0,21								
A3	- 40	0	tr	100	2	1	21	76	0	100	0,28								
B1	- 58	0	1	99	2	1	17	80	0	100	0,21								
B21	- 84	0	3	97	3	1	14	82	0	100	0,17								
B22	-110	0	5	95	4	1	16	79	0	100	0,20								
B23	-153	0	5	95	6	2	14	78	0	100	0,18								
B3	-197	0	1	99	8	3	14	75	0	100	0,19								
C1	-250	0	5	95	10	3	18	69	0	100	0,26								
C2	-290+	0	1	99	7	3	18	72	0	100	0,25								
Horizonte	pH(1:2,5)		Complexo sorvivo meq/100g									Valor V (soma) (ref. 0,5 %)	100 Al + + +		P assimilável ppm				
	Água	KCL 1N	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	Valor S (soma)	Al + + +	H +	Valor T (soma)	S + Al + + +								
Ap	5,0	4,2	2,8	0,7	0,17	0,02	3,8	1,5	7,6	12,9	29	28	1						
A3	4,8	4,6	0,8	0,3	0,14	0,03	1,3	1,8	6,4	9,5	14	58	0,5						
B1	5,0	4,7		0,6	0,05	0,03	0,7	0,4	4,9	6,0	12	36	0,5						
B21	4,9	4,7		0,3	0,04	0,04	0,4	0,2	4,4	5,0	8	33							
B22	5,2	5,6		0,1	0,03	0,02	0,2	0,2	4,2	4,6	4	50							
B23	5,7	5,2		0,1	0,03	0,02	0,2	0	2,1	2,3	9	0							
B3	5,6	4,3		0,1	0,04	0,04	0,2	0	2,9	3,1	6	0							
C1	5,5	4,5		0,1	0,06	0,03	0,2	1,0	3,2	4,4	5	83							
C2	5,3	4,0		0,1	0,07	0,03	0,2	0,8	3,0	4,0	5	80							
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO ₂		SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %		
				H 2 SO 4 (1:1)			NaOH (0,8%)			Al ₂ O ₃		R ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃					
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO	(Kl)	(Kr)								
Ap	2,42	0,19	13	23,2	31,4	6,9	0,76		0,18	1,26	1,10	7,14							
A3	1,79	0,15	12	21,8	31,2	7,0	0,83		0,10	1,19	1,04	6,98							
B1	1,09	0,10	11	22,4	30,8	8,2	0,91		0,10	1,24	1,06	5,98							
B21	0,74	0,08	9	22,1	30,7	9,1	0,82		0,23	1,22	1,03	5,29							
B22	0,67	0,07	10	21,7	32,7	8,9	0,94		0,12	1,20	0,96	5,77							
B23	0,34	0,07	5	22,5	31,9	9,7	1,02		0,16	1,20	1,00	5,16							
B3	0,35	0,07	5	22,4	31,8	8,9	1,03		0,19	1,20	1,01	5,61							
C1	0,24	0,04	6	26,4	32,4	8,3	1,01		0,19	1,39	1,19	6,12							
C2	0,24	0,04	6	23,4	30,5	9,2	0,84		0,27	1,30	1,09	5,20							
Horizonte	+ 100 Na	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %						Equivalente de umidade			
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	HCO ₃ - CO ₃ =	Cl-	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima						
Ap	1														38,1				
A3	1														39,4				
B1	1														38,9				
B21	1														39,1				
B22	1														36,7				
B23	1														38,1				
B3	1														38,4				
C1	1														36,9				
C2	1														36,7				

Relação textural:

Perfil: PC-4

Data: 23/10/81

Classificação: LATOSSOLO BRUNO ÁLICO A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo plano a suave ondulado. (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo plano a suave ondulado).

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 7 km de Cascata, Fazenda Sobradinho, na estrada para a Fazenda Genipapo. Poços de Caldas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira na parte inferior da elevação, com declive de 3 %, sob cultura de milho.

Altitude: 1 200 n.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alaclino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo (?).

Material originário: Material proveniente da alteração de tinguaitos e fonolitos com lentes de bostolito.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Suave ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem a moderadamente drenado.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Cultura de milho, batata, etc.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e José-Luiz I. Demattê.

- Ap 0- 32 cm: bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno acinzentado (10YR 5/2, seco amassado); argila; fraca a moderada pequena e média granular e bloco subangular; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e abrupta.
- B21 32- 65 cm; bruno escuro (7,5YR 4/4, úmido); argila; moderada pequena e média bloco subangular; extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.
- B22 65-105 cm; bruno forte (7,5YR 4/6, úmido), muito argiloso; moderada pequena e média bloco subangular; extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e clara.

B23 105-120 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido), muito argiloso, moderada pequena e média bloco subangular; cerosidade fraca e pouca (?), extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso ; transição plana e gradual.

B24 120-150 cm; vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido), com mosqueado pequeno comum e distinto bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido) e médio comum proeminente bruno claro acinzentado (10YR 6/3, úmido); muito argiloso, fraca a moderada pequena e média blocos subangular; extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual.

B3 150-220+cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); muito argiloso; extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso.

Raízes: Finas muitas no Ap e comuns no B21, poucas no B22 e B23.

Observações: Presença de linha de pedra entre o B22 e o B23. Poros e canais muitos no perfil. Atividade de organismo muita no perfil. O horizonte B3 foi coletado com trado. A área na ocasião da coleta do perfil estava recém arada. A cerosidade desaparece no solo seco.

PERFIL PC-4

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.2222/2227

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH calgon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte		Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm			% Silte	% Argila	Aparente	Real	
Ap	0- 32	0	tr	100	2	1	13	84	36	57	0,15				
B21	- 65	0	tr	100	3	1	12	84	1	99	0,14				
B22	-105	1	3	96	3	1	12	84	0	100	0,14				
B23	-120	12	16	72	6	2	12	80	0	100	0,15				
B24	-150	0	3	97	2	1	12	85	0	100	0,14				
B25	-220+	0	1	99	3	1	11	85	0	100	0,13				
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sorativo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100Al +++ S + Al +++	Passividade ppm	
	Água	KCL 1N	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	Valor S (soma)	Al +++	H +	Valor T (soma)					
Ap	4,8	4,0	1,9	0,4	0,57	0,03	2,9	2,2	10,3	15,4	19	43	1		
B21	4,9	4,2	1,1	0,2	0,12	0,02	1,4	1,3	5,9	8,6	16	48	1		
B22	4,7	4,3	0,4		0,04	0,02	0,5	1,0	4,7	6,2	8	67	0,5		
B23	4,9	5,0	0,8		0,04	0,02	0,9	0,8	4,9	6,6	14	47	0,5		
B24	4,5	4,4	0,4		0,03	0,02	0,5	0,6	4,7	5,8	9	55			
B25	5,1	5,2	0,2		0,04	0,03	0,3	0	2,8	3,1	10	0			
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR							SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	Si O ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %
				H 2 SO 4 (1:1)				Na OH (0,8%)							
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO						
Ap	3,22	0,27	12	20,2	29,5	7,6	0,83			0,10	1,16	1,00	6,09		
B21	1,75	0,16	11	20,1	30,8	8,1	0,83			0,19	1,11	0,95	5,97		
B22	0,94	0,10	9	22,9	31,1	8,8	0,80			0,21	1,25	1,06	5,54		
B23	1,04	0,11	9	20,1	30,3	9,6	0,83			0,29	1,13	0,94	4,95		
B24	0,71	0,08	9	22,2	31,2	8,2	0,82			0,18	1,21	1,04	5,96		
B25	0,35	0,06	6	19,9	32,1	9,8	0,96			0,12	1,05	0,88	5,13		
Horizonte	+ 100 Na	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)							Constantes hídricas %				Equivalente de umidade
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	HCO ₃ - CO ₃ =	Cl-	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima		
Ap	<1														41,2
B21	<1														38,1
B22	<1														39,2
B23	<1														38,5
B24	<1														38,6
B25	1														42,7

Relação textural:

Perfil: PC-5

Data: 26/07/81

Classificação: CAMBISSOLO ÁLICO argila de baixa atividade A moderado muito argiloso fase pedregosa I campo cerrado.

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 31 km de Poços de Caldas, na Estrada para Andradas, a 1 km na estrada para Pocinhos e 500 m à esquerda desta última, Andradas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira no terço superior, em declive de 14 %, sob vegetação natural (campo cerrado).

Altitude: 1 350 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo?

Material originário: Material resultante da alteração de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfíbolitos.

Pedregosidade: Muito pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Forte ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Moderada.

Drenagem: Moderada.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Pasto natural.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

Alcn 0- 25 cm; bruno escuro (7,5YR 4/2, úmido) e bruno amarelado (10YR 5/4, seco); franco argiloso muito cascalhento; fraca a moderada pequena e média granular; duro, friável, plástico e pegajoso ; transição plana e clara.

B 25- 62 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido), com mosqueado comum pequeno difuso amarelo avermelhado (7,5YR 6/7, úmido); muito argiloso com cascalho; fraca pequena a grande bloco subangular ; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

C1 62-138 cm; amarelo avermelhado (5YR 6/7, úmido), com mosqueado abundante médio, proeminente cinzento claro (10YR 7/2, úmido) e comum pequeno proeminente vermelho (2,5YR 5/6, úmido); argila ; fraca média a grande bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.

PERFIL PC-5

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1643/1646

Horizonte		Frações da amostra total			Composição granulométrica da terra fina				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte	Densidade g/cm 3		Porosidade % (volum)
Símbolo	Profundidade cm	%			(dispersão com NaOH calgon) %							% Argila	Aparente	
		Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2 - 0,20 mm	Areia fina 0,20 - 0,05 mm	Silte 0,05 - 0,002 mm	Argila < 0,002 mm						
Alcn	0- 25	24	49	27	13	3	19	65	52	20	0,29			
(B)	- 62	9	25	66	9	3	16	72	0	100	0,22			
C1	-138	0	4	96	6	2	18	74	0	100	0,24			
C2	-180+	0	tr	100	1	1	22	76	0	100	0,29			
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sorvivo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100 Al +++ S + Al ++	P estimável ppm
	Água	KCL 1N	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	Valor S (soma)	Al +++	H +	Valor T (soma)				
Alcn	5,0	4,4	0,6		0,19	0,04	0,8	3,0	6,1	9,9	8	79	20,5	
(B)	5,2	4,3	0,1		0,05	0,03	0,2	0,9	2,7	3,8	5	82	20,5	
C1	5,5	4,2	0,1		0,03	0,03	0,2	1,3	1,8	3,3	6	87		
C2	5,3	4,2	0,1		0,04	0,03	0,2	2,4	1,1	3,7	5	92		
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	Si O ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %
				H ₂ SO ₄ (1:1)			Na OH (0,8%)							
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO					
Alcn	2,82	0,20	14	25,0	27,6	11,2	0,42		2,19	1,54	1,22	3,87		
(B)	0,65	0,09	7	27,8	28,5	11,7	0,48		1,35	1,66	1,31	3,82		
C1	0,24	0,08	3	33,2	28,5	9,3	0,47		0,38	1,98	1,64	4,81		
C2	0,15	0,06	3	37,8	29,5	4,9	0,59		0,10	2,18	1,97	9,45		
Horizonte	100 Na +	Pasta saturada		Sales solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %				
		C.E. do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	HCO ₃ - CO ₃ =	Cl -	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
← meq / 100g de TF →														
Alcn	<1												34,9	
(B)	1												41,2	
C1	1												48,8	
C2	1												50,8	

Relação textural:

Perfil: PC-6

Data: 27/07/81

Classificação: CAMBISSOLO ÁLICO argila de baixa atividade A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo forte ondulado (LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo forte ondulado).

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 31 km de Poços de Caldas, na estrada para Andradás, a 1 km na estrada para Pocinhos e 500 m à esquerda desta última, Andradás, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira no terço médio da encosta, em declive de 8,5 %, sob cobertura de pasto natural.

Altitude: 1 310 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo(?).

Material originário: Material resultante da alteração de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfíbolitos.

Pedregosidade: Pedregoso.

Rochosidade: Não rochoso.

Relevo local: Forte ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Moderada.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Pasto natural.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

A1 0- 15 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); argila; forte muito pequena a média granular e blocos subangulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

A3 15- 27 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno amarelado (10YR 5/4, seco); argila; moderada pequena a média bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e clara.

B1 27- 48 cm; bruno forte (7,5YR 5/7, úmido); argila; fraca a moderada pequena a média bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro, firme, plástico e muito pegajoso; transição plana e abrupta.

B2cn 48- 90 cm; bruno forte (7,5YR 5/8, úmido); argila muito cascalhenta; maciça (?); cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição plana e abrupta.

B3 90-140+cm; amarelo avermelhado (5YR 6/8, úmido); muito argiloso; fraca a moderada média a grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum; extremamente duro, firme, plástico e muito pegajoso.

Raízes: Finas abundantes em A1 e A3, muitas em B1 raras no B2cn e B3.

Observações: Poros: muito pequeno e pequeno muitos no A1, comum no A3; muito pequeno a grande muitos no B1, B2cn e B3.

A atividade biológica é comum no perfil. A cerosidade descrita no perfil úmido, não é observada no solo seco.

No solo seco a estrutura do B3 poderá ser prismática. Presença de concreções dispersas no B1 e B3. No solo seco não foi observado cerosidade. Na parte inferior do horizonte B3 foi constatado a presença de fragmentos de rochas, não permitindo o alcance de maior profundidade.

C2 138-180+cm; coloração variegada: bruno muito claro acinzentado (10YR 8/4, úmido), amarelo brunado (10YR 6/6, úmido) e amarelo brunado (7,5YR 6/8, úmido); argila; plástico e pegajoso.

Raízes: Finas muitas no Al, poucas e raras no Cl.

Observações: Poros: muito pequeno a grande muitos no B e Cl. Presença de grande quantidade de concreções no Al e topo do B. No Alcn é difícil a observação das características morfológicas devido as pedras. A atividade de organismo é comum no perfil. O C2 foi coletado com trado.

PERFIL PC-6

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1647/1651

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica de terra fina (dispersão com NaOH calgon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte		Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mmg			% Silte	% Argila	Aparente	Real	
A1	0- 15	0	tr	100	3	1	24	72	51	29	0,33				
A3	- 27	0	tr	100	4	1	25	70	38	46	0,36				
(B1)	- 48	0	5	95	4	1	23	72	48	33	0,32				
(B2cn)	- 90	7	59	34	18	1	18	63	25	60	0,29				
(B3)	-140	0	2	98	4	2	27	67	0	100	0,40				
Horizonte	pH(1:2,5)		Complexo sortivo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100 Al + + +		Pasimilável ppm
	Água	KCL 1N	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	Valor S (soma)	Al + + +	H +	Valor T (soma)	S + Al + + +				
A1	4,7	3,9		0,4		0,24	0,03	0,7	5,4	8,5	14,6	5	89	<0,5	
A3	4,7	3,9		0,1		0,08	0,03	0,2	4,4	6,3	10,9	2	96	<0,5	
(B1)	4,8	4,0		0,1		0,06	0,03	0,2	3,2	4,3	7,7	3	94	<0,5	
(B2cn)	5,3	4,1		0,1		0,06	0,04	0,2	1,6	3,8	5,6	4	89	<0,5	
(B3)	5,6	4,5		0,1		0,03	0,02	0,2	0,5	2,0	2,7	7	71	<0,5	
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl) .	Si O ₂ R ₂ O ₃ (Kl)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %		
				H 2 SO 4 (1:1)			NaOH (0,8%)								
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO						
A1	3,63	0,27	13	25,3	28,4	8,7	0,51		0,14	1,51	1,27	5,12			
A3	2,23	0,20	11	23,0	30,3	9,4	0,51		0,11	1,29	1,08	5,05			
(B1)	1,51	0,15	10	22,8	30,5	9,1	0,55		0,16	1,27	1,07	5,25			
(B2cn)	0,99	0,10	10	19,6	28,0	18,2	0,48		0,11	1,19	0,84	2,41			
(B3)	0,31	0,05	6	27,1	30,8	8,2	0,88		0,17	1,50	1,28	5,89			
Horizonte	100 Na +	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %					
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	HCO ₃ - CO ₃ =	Cl-	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade	
A1	<1													41,6	
A3	<1													35,6	
(B1)	<1													34,6	
(B2cn)	1													30,3	
(B3)	1													41,7	

Relação textural:

Perfil: PC-7

Data: 26/07/81.

Classificação: TERRA BRUNA ESTRUTURADA ÁLICA argila de baixa atividade A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado (LATOSSOLO BRUNO ÁLICO A proeminente muito argiloso fase campo cerrado relevo suave ondulado).

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: A 31 km de Poços de Caldas, na estrada para Andradas, 1 km na estrada para Pocinhos e 500 m à esquerda desta última. Andradas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Trincheira no terço inferior da encosta, em declive de 3,5 %, sob vegetação de campo natural.

Altitude: 1 280 m.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo (?).

Material originário: Material resultante da alteração de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfibolitos.

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa.

Relevo local: Suave ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem drenado.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Pasto natural.

Clima: Mesotérmico brando subúmido.

Descrito e coletado por: Tarcísio Ewerton Rodrigues e Humberto Gonçalves dos Santos.

A1 0- 15 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno amarelado (10YR 5/4, seco); muito argiloso; forte pequena e média granular e bloco subangular ; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e gradual.

A3 15- 24 cm; bruno escuro (10YR 4/3, úmido) e bruno amarelado (10YR 5/4, seco); muito argiloso; forte pequena e média bloco subangular e granular; superfície fosca (?); extremamente duro; firme , muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa.

- B21 24- 57 cm; bruno escuro (7,5YR 4/4, úmido); muito argiloso; moderada a forte pequena a grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa.
- B22 57-104 cm; bruno forte (7,5YR 7/7, úmido); muito argiloso; moderada média e grande bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); extremamente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e difusa.
- B23 104-140 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido) e vermelho amarelo (5YR 5/6, úmido); muito argiloso; moderada pequena e média bloco subangular; cerosidade fraca e comum (?); friável a firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e abrupta.
- Ab1 140-175 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido) e bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco) ; muito argiloso; moderada pequena e média granular; extremamente duro, friável a firme, muito plástico e muito pegajoso; transição plana e abrupta.
- Bb2 175-265+cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido); muito argiloso; muito plástico e muito pegajoso.
- Raízes: Finas abundantes no A1; muitas no A3, B21 e B22 comuns no B23 e poucas no Ab1.

Observações: Poros: muito pequeno a médio muitos no A1, A3 e B21; muito pequeno e pequeno muitos no B22, B23 e Abl.

Presença de concreções dispersas em linha no topo do Abl na base do Bb2 não permitindo a passagem do trado. A atividade de organismo é comum no perfil. Em cortes com o solo seco a estrutura é prismática e bem estruturada. O Bb2 foi coletado com trado. A cerosidade não é observada no solo seco.

PERFIL PC-7

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 81.1652/1658

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH calgon) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte	Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2 - 0,20 mm	Areia fina 0,20 - 0,05 mm	Silte 0,05 - 0,002 mm	Argila < 0,002 mm			% Argila	Aparente	Real	
A1	0- 15	1	3	96	6	3	23	68	47	31	0,34			
A3	- 24	0	tr	100	4	2	20	74	53	28	0,27			
B21	- 57	0	tr	100	3	2	16	79	8	90	0,20			
B22	-104	0	tr	100	4	2	14	80	70	13	0,18			
B23	-140	0	1	99	3	1	13	83	72	13	0,16			
Ab1	-175	0	1	99	15	2	17	66	40	39	0,26			
Bb2	-265+	1	6	93	4	1	18	77	0	100	0,23			
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo meq/100g								Valor V (sat. de bases) %	100 Al +++ S + Al +++	Passível (vel ppm)	
	Água	KCL 1N	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	Valor S (soma)	Al +++	H +	Valor T (soma)				
A1	4,8	3,9	0,3		0,19	0,05	0,5	4,4	7,7	12,6	4	90	0,5	
A3	4,8	3,9	0,1		0,09	0,03	0,2	4,0	6,3	10,5	2	95	0,5	
B21	5,0	4,1	0,1		0,04	0,02	0,2	3,3	4,3	7,8	3	94	0,5	
B22	5,1	4,1	0,1		0,03	0,03	0,2	3,1	4,2	7,5	3	94	0,5	
B23	5,0	4,1	0,1		0,04	0,03	0,2	2,9	4,7	7,8	3	94	0,5	
Ab1	5,4	4,3	0,1		0,03	0,07	0,2	2,3	12,0	14,5	1	92	0,5	
Bb2	5,8	4,9	0,1		0,04	0,04	0,2	0,1	3,0	3,3	6	33	0,5	
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	ATAQUE POR						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %
				H ₂ SO ₄ (1:1)			NaOH (0,8%)							
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO					
A1	2,88	0,23	13	24,7	28,6	9,3	0,53		0,15	1,47	1,22	4,83		
A3	1,99	0,17	12	25,3	29,0	8,9	0,51		0,13	1,48	1,24	5,11		
B21	1,06	0,10	11	25,2	29,1	9,5	0,61		0,20	1,47	1,22	4,80		
B22	1,04	0,10	10	26,8	29,8	9,1	0,63		0,14	1,53	1,28	5,14		
B23	1,07	0,12	9	25,4	29,6	9,7	0,70		0,26	1,46	1,21	4,79		
Ab1	2,59	0,25	10	23,9	29,1	11,2	0,64		0,10	1,40	1,12	4,08		
Bb2	0,42	0,06	7	22,0	30,9	10,7	0,58		0,18	1,21	0,99	4,53		
Horizonte	100 Na +	Pasta saturada		Sales solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %				
		C.E. do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca ++	Mg ++	K +	Na +	HCO ₃ - CO ₃ =	Cl -	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
A1	<1													37,6
A3	<1													37,3
B21	<1													37,6
B22	<1													37,4
B23	<1													37,4
Ab1	<1													40,0
Bb2	1													40,3

Relação textural:

Perfil: PC-8

Data: 15/03/84.

Classificação: LATOSSOLO BRUNO Álico câmbico A moderado

Localização, município, estado e coordenadas: A 31 km de Poços de Caldas na estrada para Andradas, a 1 km desta em direção a Pocinhos e 500 m à esquerda desta última. Andradas, MG.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: Corte de estrada, em declive de 10 %, sob vegetação natural de campo cerrado.

Litologia: Rochas alcalinas.

Formação geológica: Complexo alcalino de Poços de Caldas.

Cronologia: Cretáceo.

Material originário: Material proveniente da alteração de lavas fonolíticas e foiaitos com lentes de anfíbolitos.

Relevo local: Forte ondulado.

Relevo regional: Forte ondulado.

Erosão: Ligeira.

Drenagem: Bem a moderada.

Vegetação primária: Campo cerrado.

Uso atual: Pasto natural.

Descrito e coletado por: Tarcisio Ewerton Rodrigues e José Luiz I. Demattê.

- A - bruno escuro (10YR 4/3, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco); muito argiloso; forte pequena e média granular e bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- B - bruno (7,5YR 5/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena a grande bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- Ab - bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) bruno (7,5YR 5/3, seco); muito argiloso; forte pequena e média granular e bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- Bb1 - vermelho amarelado (5YR 4/6, úmido) muito argiloso; moderada média a grande bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- Bb2 - bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); muito argiloso; moderada média a grande bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- Bbc - bruno forte (7,5YR 5/6, úmido); muito argiloso; moderada pequena a grande bloco subangular; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.

Observações: Presença de fragmentos de rocha na superfície.

PERFIL PC-8

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Amostra de labor. n.º: 84.0742/0747

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH catión) %				Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte		Densidade g/cm 3		Porosidade % (volume)
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2 - 0,20 mm	Areia fina 0,20 - 0,05 mm	Silte 0,05 - 0,002 mm	Argila < 0,002 mm			% Silte	% Argila	Aparente	Real	
A		10	11	79	8	6	15	71	46	35	0,21				
B		6	16	78	5	2	29	64	44	31	0,45				
Ab		0	1	99	7	2	11	80	38	53	0,14				
Bb1		0	4	96	13	3	21	63	38	40	0,33				
Bb2		0	11	89	9	3	17	71	2	97	0,24				
Bbc		7	22	71	12	5	17	66	0	100	0,26				
Horizonte	pH(1:2,5)		Complexo sorvivo meq/100g									Valor V (sat. de bases) %	100 Al + + + S + Al + + +	P assimilável ppm	
	Água	KCL 1N	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	Valor S (soma)	Al + + +	H +	Valor T (soma)					
A	4,7	3,9		0,1		0,09	0,01	0,2	2,4	4,9	7,5	3	92	1	
B	4,6	4,0		0,1		0,05	0,01	0,2	1,9	4,2	6,3	3	90	1	
Ab	4,6	3,8		0,1		0,07	0,01	0,2	3,5	8,0	11,7	2	95	1	
Bb1	4,5	3,9		0,1		0,05	0,01	0,2	2,3	5,5	8,0	3	92	1	
Bb2	4,5	4,0		0,1		0,05	0,01	0,2	1,7	3,7	5,6	4	89	1	
Bbc	4,5	4,2		0,1		0,05	0,02	0,2	0,6	3,1	3,9	5	75	1	
Horizonte	C (orgânico) %	N %	C N	ATAQUE POR						SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	Si O ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %	
				H 2 SO 4 (1:1)			NaOH (0,8%)								
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ti O ₂	P ₂ O ₅	MnO						
A	1,52	0,11	14	24,7	29,5	10,5	0,31				1,42	1,16	4,41		
B	1,43	0,10	14	24,0	28,4	12,6	0,26				1,44	1,12	3,53		
Ab	2,66	0,21	13	23,4	29,2	9,2	0,33				1,36	1,13	4,98		
Bb1	1,93	0,15	13	22,8	29,1	10,4	0,35				1,33	1,08	4,39		
Bb2	1,25	0,11	11	24,0	30,5	10,0	0,31				1,34	1,11	4,78		
Bbc	0,59	0,07	8	23,9	29,9	11,6	0,30				1,36	1,09	4,04		
Horizonte	+ 100 Na	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas %					
		C.E do extrato mmhos/cm 25°C	Água %	Ca + +	Mg + +	K +	Na +	HCO ₃ = CO ₃ =	Cl-	SO ₄ =	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	Água disponível máxima	Equivalente de umidade	
A	<1													32,1	
B	<1													33,2	
Ab	<1													36,6	
Bb1	<1													35,0	
Bb2	<1													33,5	
Bbc	<1													34,0	

Relação textural:

APENDICE II

DESCRIÇÃO MICROMORFOLÓGICA

PERFIL PC-1

Horizonte: Au/AB

Esqueleto e litorelictos: Feldspato e quartzo comuns. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasepica bruno amarelada numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades, fissuras comuns; orto e metavugs, meta-skew planes, simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e argila, amarelo, vermelho e preto; presença de raízes. Pouco argilans, ferri-argilans e sesquans, de segregação (formados pelo intemperismo), ao redor dos grãos de esqueleto e nódulos do solo; sesquans nos canais e fraturas do esqueleto em alteração. Cristalaria, dispersa, gibbsitica. Fissuras resultante da retração do solo. Pseudo-morfos?

Horizonte: Bw1

Esqueleto e litorelictos: Feldspato e quartzo comuns. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasepica amarelo brunado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; orto - e metavughs smooth-metavughs, meta-skew planes , simples packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, manganês, alumínio e argila, preto a amarelo claro; presença de raízes. Poucos argilans, ferri-argilans, mangans, de segregação, ao redor de grãos do esqueleto e nódulos do solo, sesquans em canais e fraturas do esqueleto em alteração. Cristalaria, dispersa, gibbsítica. Fissuras de retração do solo. Estrutura herdada do fraturamento do esqueleto. Pseudomorfos?

Horizonte: Bw2

Esqueleto e litorelictos: Feldspato poucos e quartzo comuns. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma insépica bruno forte numa distribuição relatada porfiro esquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho- e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila, alumínio, preto a amarelo claro. Comuns argilans, ferri-argilans e sesquans de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo, canais e fraturas do esqueleto em alteração. Cristalaria, dispersa, gibbsítica. Estrutura herdada do fraturamento do esqueleto. Fissuras de retenção do solo. Pseudomorfos?

Horizonte: BC.

Esqueleto e litorelictos: Feldspato e quartzo comuns. Litorelictos comuns.

Matriz do solo: Fabrica plasma insépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho- e metavughs, smooth-meta-vughs, meta-skew planes e simples packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, manganês, argila e alumino; preto a amarelo claro. Comuns, argilans, ferri-argilans, mangans e sesquans, de segregação (formada pelo intemperismo) ao redor de grãos de esqueleto e nódulos do solo e em canais e fraturas do esqueleto em intemperização. Cristalaria em canais e nódulos, gibbsitica. Fissuras de retração do solo. Mirmequita (?). Pseudomorfos (?).

Horizonte: Cl

Esqueleto e litorelictos: Feldspato e quartzo poucos. Litorelictos comuns.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasépica a insépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras; ortho - e metavughs, smooth-meta-vughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, manganês, argila e alumínio, preto a amarelo claro. Comuns gibbsans, argilans, ferri-argilans, mangâns, de segregação (formada pelo intemperismo) ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e fraturas do esqueleto em alteração. Cristalaria (gibbsans) em canais, nódulos e dispersa, gibbsítica. Separações plasmáticas com dominância de cristais e menos sesquans. Pseudomorfos ?

Horizonte: Cl rocha alterada

Esqueleto e litorelictos: Feldspato e quartzo poucos. Litorelictos comuns.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasépica, silasépica e cristica cinza a vermelha numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho- e metavughs, smooth-meta vughs, meta-skew planes.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila, manganês e alumínio, preto a branco. Comuns gibbsans, ferriargilans, silans, sesquans, mangâns, de segregação (formada por intemperismo) ao redor dos grãos de esqueleto e nódulos do solo e em canais e fissuras. Cristalaria, em canais, nódulos e dispersa, gibbsítica, Separação plasmática com cristais pequenos, clara; outra cinza escura, com cristais muito pequenos recobertos por material amorfo e uma avermelhada, com sesquans recobrindo os cristais. Pseudomorfos?

PERFIL PC-2

Horizonte: Aup

Esqueleto e litorelictos: Fabrica plasma argilasépica e insépica bruno uma distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, manganês e argila, preto a bruno amarelado. Poucos argilans, ferrans, ferri-argilans, mangans e silans, de segregação (formado pelo intemperismo) ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e fissuras. Cristalaria dispersa gibbsítica. Organs e sesquans envolvendo os agregados muito pequenos. O plasma apresenta-se com muitos agregados sugerindo herança do fraturamento do material de partida. Nódulos de cristais (gibbsita) envolto por óxidos de ferro. Pseudomorfos? Fissuras de retração.

Horizonte: AB

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latissépica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho- e metavughs, smooth, metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila, manganês, e alumínio, preto a amarelo claro. Comuns argilans, ferri-argilans, sesquans, mangans, de segregação (formado pelo intemperismo) ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo, em canais e fissura? Cristalaria, em nódulos e dispersa, gibbsítica. Presença de papulas de segregação (pressão). Plasma muito agregado possivelmente herdado das fraturas do material de partida. Sesquans recobrimdo grão do esqueleto e preechendo vasios entre agregados. Fissuras de retração do solo. Pseudomorfos?

Horizonte: Bw1

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisepica vermelho amarelada numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs; smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, manganês, argila e alumínio, preto a amarelo claro. Comuns argilans, ferri-argilans, mangans, sesquans e silans, de

segregação (formado pelo intemperismo) ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e fissura. Papulas de intemperização. Cristalaria, em nódulos e dispersa, gibbsítica. Nódulos gibbsíticos coloridos e envolto por ôxi dos de ferro. Fissuras de retração do solo. Pseudomorfos? Gibbsita I.

Horizonte: Bw2

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio, argila e manganês, preto a amarelo claro. Comuns argilans, ferri-argilans, mangans, silans (?) e gibbsans, de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e fissuras. Glebulas argilosas (papulas) de intemperismo com limites pouco nítidos. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. Ocorre con creções de ferro. Fissuras de retração da mas sa do solo. Pseudomorfos? Presença de estrutura. Muitos argilans de segregação.

Horizonte: BC

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos poucos.
Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latissepica cinza claro numa
distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras, ortho - e meta -
vughs, smooth-metavughs, meta skew planes e
simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos e concreções de ferro vermelho
escuro. Poucos argilans, ferri-argilans e ses-
quans, de segregação, em torno dos grãos do es-
queleto e nódulos do solo e em canais e fis-
suras. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gib-
bsítica. Fissuras de retração da massa do so-
lo, muitas.

PERFIL PC-3

Horizonte: Aup

Esqueleto e litorelictos: Quartzo poucos, litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasépica bruno amarelado
numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns: ortho- e
metavughs, smooth-metavughs, meta-skew e simple
packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e argila comuns; concreções de ferro poucas. Poucos argilans, sesquans, ferri-argilans e silans, de segregação, em torno dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Mineral fraturado e intemperizado recoberto por sesquans. Óxidos de Mn e Ti. Presença de raízes. Fissuras de retração da massa do solo. Estrutura - agregados muito pequenos.

Horizonte: AB

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns, feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma insepica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos e concreções de ferro, manganês, argila e alumínio. Comuns argilans, ferri-argilans, sesquans e silans, de segregação, em torno dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e fissuras. Fissuras de retração da massa do solo. Material amorfo revestindo superfícies de agregados.

Horizonte: BA

Esqueleto e litorelicto: Quartzo comuns. Litorelicto poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma insépica e latisépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e argila, comuns. Con - creções de ferro poucas. Pouco argilans e sesquans, de segregação, ao redor dos grãos de esqueleto e nódulos do solo e em canais. Glaebus argilosas (papulas) formada pelo intemperismo. Litorelicto proveniente de intemperização de material impregnado por sesquans. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. Pseudomorfos.

Horizonte: Bw1

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns. Litorelicto poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisépica amarelo avermelhado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades comuns e fissuras poucas; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e alumínio comuns. Concreções de ferro comuns. Poucos argilans e sesquans de segregação ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Cris-talaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. Silans? Solo estruturado.

Horizonte: Bw2

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos(?). Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho- e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila, manganês e alumínio, muitos. Concreções de ferro muitas. Poucos argilans, ferri-argilans, sesquans e silans(?), de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e canais. Cristalaria, dispersa, em canais e nódulos, gibbsítica. Nódulo com cristais de gibbsita envolvido por sesquans. Horizonte estruturado com agregados grandes e pequenos.

Horizonte: Bw3

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos? Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argilã e alumínio muitos. Concreções de ferro comuns. Poucos argilans, ferri-argilans, mangans, de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Cristalaria, dispersas e em nódulos, gibbsitica. Nódulo formado por gibsitica e material amorfos.

Horizonte: BC

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos? Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisépica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras comuns, ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila, manganês e alumínio, muitos. Concreções de ferro comuns. Pouco argilans, ferrans, ferri-argilans, de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. Litorelictos fraturado que lembra as fraturas do mineral de partida - estrutura herdada. Nódulos preenchidos por gibbsita I, envolvido por sesquans. Mineral intemperizando em BOXWORK? Pseudomorfos?

PERFIL PC-4

Horizonte: Aup

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasépica para isótica bruna numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais e cavidades comuns; ortho- e meta vughs, smooth-metavughs, simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e argila, poucos. Concreções de ferro poucas. Poucas sesquans de segregação e orgãos ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais e estrutura. Nódulos de cristais de gibbsita revestido por sesquans - material amorfos. Horizonte muito estruturado, preservada pela matéria orgânica.

Horizonte: Bw1

Esqueleto e litorelictos: Quartzo comuns e feldspatos poucos.
Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma argilasepica a insépica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais e cavidades comuns e fissuras poucas; ortho- e metavughs; smooth-metavughs, meta skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio, comuns. Concreções de ferro poucas. Comuns argilans, sesquans, ferriargilans e silans (?), de segregação, ao redor do esqueleto e nódulos do solo e canais. Cristalaria, dispersa, em nódulos e vasios, gibbsita. Nódulo constituído por cristais de gibbsita com material amorfo recobrando os mesmos com silans em volta do nódulo, sugerindo ressilicatização de gibbsita a argila. Pseudomorfos?

Horizonte: Bw2

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma latisepica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vasios: Canais e cavidades comuns e fissuras poucas; ortho - e metavughs; smooth-metavulghs; meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio comuns. Concreções de ferro poucas. Comuns argilans, ferriargilans, sesquans e silans, de segregação, ao redor de grãos do esqueleto e nódulos do solo. Cristalaria, em nódulos e canais, gibbsítica. Ocorrência de gibbsans. Horizonte estruturado. Sesquans ou material amorfos recobrando partes do plasma com pequenos agregados, sugerindo que os mesmos estão preservando a estrutura herdada de mineral fraturado já alterado; enquanto que, onde ocorre agregados maiores, não observa-se a cobertura de material amorfos ou sesquans.

Horizonte: Bw3

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelictos poucos.

Matriz do solo: Fabrica plasma insépica e latissépica vermelho amarelado numa distribuição relatada por fioresquelética.

Vasios: Canais, cavidades e fissuras, muitas; ortho - e metavughs; smooth - metavughs; meta - skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio, comuns. Concreções de ferro poucas. Comuns argilans, sesquans, mangans e silans (?), de segregação, em volta de grãos de esqueleto e nódulos, gibbsítica. Glaebulas argilosa (pápule) de segregação. Mineral fraturado (feldspa

to) em intemperização recoberto por material amorfos. Muitas fissuras de retração da massa do solo. Pseudomorfos.

Horizonte: Bw4

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelictos, poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma insépica e latisépica bruno forte numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vazios: Canais, cavidades comuns e fissuras poucas; ortho- e metavughs, smooth-metavughs; meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio comuns. Concreções de ferro poucas. Poucos argilans, sesquans, ferriargilans e silans (?) , de segregação, em volta dos grãos de esqueleto e nódulos do solo. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. Fraturas do mineral intemperizado preservadas por ferrans. Nódulos constituídos de cristais (gibbsita?) recobertos por óxidos de ferro. Pseudomorfos (?).

PERFIL PC-5

Horizonte: Aec (Cascalhos)

Constituído por nódulos de óxidos de ferro e gibbsita I. Presença de feldspatos preservado por óxidos de ferro. Fabrica plasma normalmente isótico. Grande quantidade de gibbsans e fer-rans e poucos mangans e argilans de segregação. Cristalaria de gibbsita em canais, em nódulos, câmaras e dispersas (crystal sheets, crystal câmaras e crystal tubo, aleatória, cristalográfica e esferulítica). Ocorre nódulos com cristais recobertos por óxidos de ferro que lembra a fratura do material de origem.

Em outra lâmina a matiz é constituída por óxidos de ferro e grandes cristais de gibbsita I, formando cristalaria e gibbsans - crystal sheets, crystal camara e crystal tubo. As cristalarias aparecem em faixas, canais e fissuras. Há cristalária envolvida por mangans. Observa-se uma sucessão de estratos de sesquans e gibbsans (cristalária). Existência de gibbsita II recoberta por óxidos de ferro colorindo de vermelho amarelado.

Horizonte: Bw

Esqueleto e Litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelicto poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma latisépica-silasépica amarelo brunado numa distribuição relatada porfiroes - quelética.

Vazios: Canais e cavidades, comuns; ortho e metavughs , smooth-metavughs e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argilosa e alumino, co muns. Concreções de ferro poucas. Poucos ses quans, ferri-argilans e argilans, de segrega - ção, em volta dos grãos do esqueleto e nódulos do solo. Cristalaria, em canais, nódulos e dis persa, gibbsítica. Horizonte constituído por agregados muito pequenos. O plasma parece ser constituído por cristais recobertos por mate - rial amorfos-sesquans. Pseudomorfos (?).

Horizonte: C1

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Litore lict o pouco.

Matiz do solo: Fabrica plasma latisépica-selasépica bruno mui to claro, acinzentado numa distribuição relata da porfiroesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio, co muns. Concreções de ferro poucas. Poucos ses

quans, ferriargilans e argilans, de segregação, em volta dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Presença de argilans de possível iluviação (papulas?), resultante da intemperização, revestindo paredes de litovazios. Cristalaria, dispersa e em nódulos, gibbsítica. O plasma dá o aspecto de ser formado por cristais recobertos por material amorfo-sesquans. Pseudomorfos (?).

PERFIL PC-6

Horizonte: Au

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos litorelictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma argilasépica bruno amarelado numa distribuição relatada por firoesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras, comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio, comuns. Concreções de ferro comuns. Poucos sesquans e argilans, de segregação, em torno dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Gibbsans e cristalaria de gibbsita I, em cristal sheets, cristal tubo e em nódulo. Horizonte estruturado e com muitas fissuras de retração da massa do solo. Pseudomorfos (?).

Horizonte: AB

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma insépica amarelo avermelhado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras, comuns; ortho -e metavugs, smooth-metavugs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro e alumínio e manganês, comuns. Concreções de ferro poucas. Poucos argilans, sesquans e silans, de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Gibbsans e cristalaria de gibbsita - cristal camara, dispersa e em nódulo. Nódulos gibbsíticos resultantes da intemperização do mineral, envolvidos por óxidos de ferro. Neoformação de argila pela ressilicatização de gibbsita em nódulos. Nódulos gibbsíticos recobertos por sesquans. Fissuras de retração da massa do solo.

Horizonte: BA

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma insépica vermelho amarelado numa distribuição relatada porfiroesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras, comuns, ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta skew e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio e argila, co muns. Concreções de ferro e manganês, comuns . Poucos sesquans, argilans e silans(?), de se - gregação, em volta dos grãos de esqueleto e nô dulos do solo e em canais. Gibbsans e crista - laria de gibbsita, dispersas e em nódulos. Nô - dulos de ferro e gibbsita possivelmente trans - portado. Os nódulos encontrados no horizonte Bwc do perfil PC-6, são constituídos por óxidos de ferro e gibbsita impregnados por ses quans.

PERFIL PC-7

Horizonte: Au/Ab

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litore lic to poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma argilasépica a isótica bruno amarelado escuro numa distribuição relatada por firoesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e metavughs, smooth-metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, argila e alumínio, co
muns. Concreções de ferro comuns. Poucos ses
quans e organs, em volta dos grãos do esquele-
to e nódulos do solo e em canais e entre os
elementos de estrutura.

Gibbsans e cristalaria de gibbsita, dispersa e
em nódulos. Estrutura parece herdada do mine-
ral fraturado que ao intemperizar transfere sua
forma. Pseudomorfos?

Horizonte: Bwl

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Lito-
relictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma insépica a latisépica bruno for
te numa distribuição relatada porfiroesquelêti-
ca.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras comuns; ortho - e
metavughs, smooth - metavughs, meta-skew planes
e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio e argilosa ,
comuns. Concreções de ferro comuns. Comuns
argilans e sesquans, de segregação, ao redor
dos grãos do esqueleto e nódulos do solo. Gib-
bsans e cristalaria de gibbsita I, dispersa, em
canais e nódulos. Concreção com sucessão de
argilans e ferri argilans. Feldspato fraturado
em intemperização (pseudomorfos). Fissuras de
retração da massa do solo. Nódulo com fratu -
ras.

Horizonte: Bw2

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspatos poucos. Litorelictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma insépica a latisépica amarela numa distribuição relatada por firoesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras comuns, ortho- e metavughs, smooth- metavughs, meta-skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio e argila, comuns. Concreções de ferro comuns. Comuns sesquans e argilans, de segregação, em volta dos grãos do esqueleto e nódulos do solo e em canais. Gibbsans e cristalaria de gibbsita em canais, nódulos e dispersa. Nódulo (glaebula) constituída por ferriargilans. Horizonte estruturado com sesquans preenchendo fissuras. Mineral (feldspato) intemperizando(?) com material amorfo recobrando-o. Pseudomorfos (?). Muitos nódulos com cristais de gibbsita.

Horizonte: Bw3.

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos. Litorelictos poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma latisépica amarelo avermelhado numa distribuição relatada por firoesquelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras, comuns; ortho - e metavughs, smooth - metavughs, meta - skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio e argila, comuns. Concreções de ferro comuns. Comuns a muitos argilans e sesquans, de segregação, em volta de grãos do esqueleto e nódulos do solo. Gibbsans e cristalaria de gibbsita em nódulos e cristais isolados. Neste horizonte o plasma é mais orientado que os horizontes superiores. Menor quantidade de nódulos com cristais de gibbsita que os horizontes anteriores. Glaebula (papula) argilosa. Fissuras de retração da massa do solo.

Horizonte: Au

Esqueleto e litorelictos: Quartzo e feldspato poucos.

Matiz do solo: Fabrica plasma argilasépica a isótica bruno amarelado numa distribuição relatada por firoes quelética.

Vazios: Canais, cavidades e fissuras, comuns; ortho - e metavughs; smooth - metavughs; meta - skew planes e simple packing voids.

Feições pedológicas: Nódulos de ferro, alumínio e argila, comuns. Concreções de ferro poucas. Muitos sesquans, silans, de segregação, ao redor dos grãos do esqueleto e nódulos do solo. Gibbsans e cristalaria de gibbsita em cristais disper-

sos, nódulos e canais. Horizonte totalmente estruturado. Mineral fraturado (feldspato ou pseudomorfo) recoberto por sesquans. A matéria orgânica preservou a estruturação herdada do material de origem. Raízes e micélios de fungos?