

ISAIAS OENNING

**GÊNESE E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ARGILOSOS COM  
HORIZONTE B ESCURECIDO DO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2001

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao povo brasileiro, àqueles que são obrigados a pagar impostos, com os quais tive condições de realizar este curso.

Ao professor João Carlos Ker, pela orientação, dedicação, amizade, incentivo, tolerância e pelo muito que me ensinou.

Aos amigos Sérgio Hideiti Shimizu, pedólogo do IBGE, e Jaime Antonio de Almeida, professor da UDESC de Lages-SC, pela ajuda na coleta e descrição dos perfis e pelo envio de trabalhos afins.

Aos professores conselheiros Carlos Ernesto e Eduardo de Sá Mendonça pela colaboração, pelo grande incentivo, apoio e disponibilidade com que sempre me distinguiram.

Aos professores Jaime W. V. Mello e Cristine C. Muggler, pelo apoio, críticas e sugestões apresentadas.

Ao professor Victor Hugo, pela paciência, dedicação e honestidade que ensina, um exemplo que cativa.

À Maria José (Zezé), minha irmã em Viçosa, pelo carinho, amizade e ânimo dados sempre durante o curso.

Aos amigos do ex-RADAM, Shimizu, Ulisses, Moser, Lucia Herrmann, Eliana, Adelino, Pedro Leite, Laus e Paulinho pela ajuda e incentivo.

À Ronessa e ao Felipe Vaz Andrade, pela amizade, ajuda e incentivo dados para conclusão deste trabalho e durante todo curso.

Aos amigos e colegas de curso Márcio Francelino, Hedinaldo, Oldair, Walder (Zé Colméia), Ricardo Manuel, Fernando Freire, Fernando Egreja, João Herbert, Agna, Marcelo Metri, Guilherme Cadinelli e ao professor Julio Neves que me ajudaram sempre que necessitei.

Aos laboratoristas Luiz César, José Francisco, Dimas, Carlos Henrique, Carlos Fonseca, Lula, José Brás, Renato e Bené (o flamenguista) que sempre dispostos me ajudaram, pelo apoio e pela amizade.

Aos amigos e companheiros Paraná, Janela, Leila, Filipinho, Patrícia, Zé Colméia, João Moita, Agna, Mauricio e Clístenes, freqüentadores do Moreira`s, onde a cada sexta-feira se socializavam as mágoas, as fofocas e os sonhos.

A todos os colegas de curso, professores, funcionários do Departamento de Solos e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

## BIOGRAFIA

ISAIAS OENNING, filho de Fernando Oenning e Olivia Michels, nasceu em Braço do Norte, Santa Catarina, em 13 de novembro de 1951.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica em julho de 1976, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e em seguida fez parte da equipe de pedologia do extinto Projeto RADAM até 1985, atuando em levantamentos pedológicos em diversos Estados.

Em 1986 ingressou na Hidroservice, também como pedólogo, tendo trabalhado em vários Estados até 1992.

De 1992 até 1998 atuou como autônomo e em março de 1999 iniciou o curso de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em abril de 2001.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Podzolização .....	3
2.2 Horizonte B textural .....	4
2.3 Imobilização do material orgânico ligado ao alumínio e ao ferro com escurecimento do horizonte B .....	5
2.4 Podzólicos Bruno-Acinzentados .....	7
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Localização da área e coleta dos solos .....	11
3.2 Geologia .....	11
3.3 Geomorfologia .....	13
3.4 Vegetação .....	13
3.5 Clima .....	13
3.6 Análise de Laboratório .....	14
3.6.1 Caracterização física .....	14
3.6.1.1 Análise textural .....	14
3.6.1.2 Argila dispersa em água .....	14
3.6.1.3 Grau de Flocculação .....	14
3.6.2 Caracterização química .....	14
3.6.2.1 Rotina .....	14
3.6.2.2 Ataque sulfúrico .....	15
3.6.2.3 Fracionamento e determinação das substâncias húmicas .....	16
3.6.2.4 Ferro, Alumínio, e Manganês extraídos pelo DCB, Oxalato ácido de amônio e Pirofosfato de Sódio .....	17
3.6.2.5 Nitrogênio total .....	17
3.6.2.6 Densidade ótica do extrato de oxalato .....	18
3.6.3 Caracterização mineralógica .....	18
3.6.3.1 Difratomia de raio-x .....	18
3.6.4 Caracterização micromorfológica .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
4.1 Características físicas e morfológicas .....	20

4.1.1	Granulometria .....	20
4.1.2	Morfologia .....	22
4.2	Características químicas .....	24
4.2.1	Análises de rotina .....	24
4.2.2	Ataque sulfúrico .....	26
4.2.3	Ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito, oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio .....	28
4.3	Substâncias húmicas e suas relações com alumínio e ferro extraídos pelo oxalato e pirofosfato .....	33
4.4	Características mineralógicas da fração argila .....	43
4.4.1	Perfil 1 (P1) .....	43
4.4.2	Perfil 2 (P2) .....	48
4.5	Características micromorfológicas .....	52
4.5.1	Aspectos Micromorfológicos .....	54
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>62</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>64</b>
	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>74</b>

## RESUMO

OENNING, Isaias, M. S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2001.  
**Gênese e classificação de solos argilosos com horizonte B escurecido do sul do Brasil.** Orientador: João Carlos Ker. Conselheiros: Carlos Ernesto Reynaud Schaefer e Eduardo de Sá Mendonça.

Foram estudados química, física, mineralógica e micromorfológicamente um Alissolo Crômico Argilúvico (P2) e outro solo (P1), o qual, mesmo apresentando características intermediárias entre Espodosolo e Cambissolo, ainda não tem uma classificação taxonômica bem definida. Os solos, anteriormente classificados como Podzólicos Bruno-Acinzentados, são desenvolvidos a partir de argilito (P1) e riodacito (P2), de ocorrência pouco expressiva em áreas planálticas (720 e 570 m de altitude, respectivamente) e de domínio subtropical do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Apresentam como características comuns no horizonte B: topo escurecido, textura muito argilosa, acidez e alicidade marcantes. O solo P2, além do gradiente textural, apresenta cerosidade forte e abundante, confirmada pela presença de argilãs de iluviação revelada na análise micromorfológica, e estrutura em blocos, caracterizando um horizonte B textural típico. Estas feições não foram observadas em P1, cuja estruturação, já desenvolvida em blocos subangulares, moderada, média e pequena, presença de relíctos de material de origem e ausência de cerosidade e, ou, cutãs de iluviação indicam enquadramento como Bi. Em ambos os casos, o escurecimento do B sugere características intermediárias para horizonte espódico, mesmo se tratando de solo argiloso.

Os teores de ferro extraídos pelo oxalato e pirofosfato do P1 correlacionaram-se com os percentuais de carbono das frações AH + AF ( $r=0,786^{**}$  e  $0,825^{**}$ , respectivamente) para todo o perfil, assim como os teores de alumínio oxalato e pirofosfato da camada escurecida ( $r=0,998^{**}$  e  $0,952^{**}$ , respectivamente). Para o P2, somente o ferro oxalato e pirofosfato se correlacionaram com os teores de carbono das frações AH + AF ( $r=0,976^{**}$  e  $r=0,806^{**}$ , respectivamente), o que sugere também migração e precipitação de complexos organometálicos no horizonte B, caracterizando o processo de podzolização. As frações AH e AF diminuíram em profundidade, apresentando um incremento no B escurecido, sendo os AH sempre em quantidades superiores. Os solos são eletronegativos e com elevados teores de alumínio trocável, possivelmente resultante da desestabilização de minerais 2:1 em meio ácido e sua conseqüente solubilização. A mineralogia da argila do P1 revelou a presença de illita, interstratificado da mica-vermiculita e quartzo. No P2, a caulinita é o principal argilomineral, seguida de vermiculita com hidróxi entrecamadas e quartzo. A micromorfologia indicou caráter polifásico da iluviação na camada escurecida, com orgãos em processo de destruição ou incorporação na matriz do solo, como pápulas. Por outro lado, há uma iluviação/xantização atual. Apesar de a pobreza química da matriz mineral dos solos favorecer a preservação dos horizontes escurecidos, que se encontram em processo de destruição, estes são substituídos por plasma de natureza iluvial, com pouca contribuição de matéria orgânica. Por apresentarem características de horizonte B câmbico (P1) e de B textural (P2), juntamente com as de material espódico e textura muito argilosa, o enquadramento taxonômico destes solos tornou-se difícil.

## ABSTRACT

OENNING, Isaias, M. S., Universidade Federal de Viçosa, April of 2001.  
**Genesis and classification of clayey soil with darkness B horizon from south of Brazil.** Adviser: João Carlos Ker. Committee members: Carlos Ernesto Reynaud Schaefer and Eduardo de Sá Mendonça.

A cromic clayey Alisol (P2) and another soil (P1), which is not found in the actual Brazilian classification system but with intermediate characteristic between Spodosol and Entisol, were chemical, physical, mineralogical and micromorphological studied. The soils, in the past, were denominated as 'Brown-Gray Podzolic'. They are developed from argillite (P1) and riodicite (P2) materials, presenting few profiles in the planaltic areas (720 and 570 m of altitude, respectively) of subtropical domain in Rio Grande do Sul and Santa Catarina. These soils have some common characteristics: dark colors at the top of B horizon, clayey texture, high acidity and high  $Al^{3+}$  content. The P2 soil, beyond the textural gradient, presents strong and abundant clay skin, confirmed by the presence of illuviated argilans revealed by the micromorphological analysis, and block structure, characterizing a typical argillic B horizon. These aspects were not observed in P1, but the developed subangular block peds, mild, intermediate and small, presence of primary material and lack of clay skins suggest a better placement as cambic B horizon. In both soils, the darkness of B suggests intermediate characteristics to spodic horizon, even in clay soils. The content of iron extracted by oxalate and pyrophosphate in P1 is correlated to the percentage of carbon in the HA+

FA fractions ( $r = 0,786^*$  and  $0,825^{**}$ , respectively) for all profiles, as well as the content of oxalate and pyrophosphate aluminum from the darkness layer ( $r = 0,998^*$  and  $0,952^{**}$ , respectively). In P2 oxalate and pyrophosphate iron are only correlated to the percentage of carbon in the HA+ FA fractions ( $r = 0,976^{**}$  and  $r = 0,806^{**}$ , respectively), suggesting migration and precipitation of organic-metal complexes in the B horizon, characterizing the podzolization process. The content of HA and FA fractions was reduced with depth, presenting an increase in the darkness B, being the content of HA always greater than the FA. The soils are electronegative and with high content of exchangeable aluminum, possibly due to the destabilization of 2:1 minerals in acid environment and its solubilization. The clay mineralogy of P1 shows presence of illite, mica-vermiculite interstratificate and quartz. Kaolinite is the main clay mineral in P2, followed by vermiculite with hydroxide in the interlayers and quartz. The micromorphological study indicate an illuviation with polyphasic character in the darkness layer, with organs in process of disruption or incorporation in the soil matrix, with papules. On the other way, an actual illuviation is going on. Although the chemical poorness of the soils mineral matrix is giving support to the preservation of the darkness horizons, they are in process of disruption, being displaced by the plasma with illuvial nature, with small contribution of the organic matter. Due to the cambic and the argillic characteristics of the B horizon (P1) and (P2), respectively, with the spodic clayey material, it was difficult to find taxonomy class for these soils in the Brazilian soil classification system.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil, intensamente ocupada com atividades agropastoris diversas e florestais, apresenta grandes variações em altitudes e temperaturas, bem como ampla diversidade de classes de solos.

Desde a década de 50, há a preocupação em classificá-los, visando um melhor entendimento entre os pesquisadores, e com o tempo novas classes foram reconhecidas. Algumas estão bem definidas, talvez pela maior extensão geográfica e importância econômica, e outras ainda incompletas.

Os Podzólicos Bruno-Acinzentados, cuja maior expressão se encontra no sul do país, começaram a ser reconhecidos e caracterizados na década de 80 pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, destacando um escurecimento mais intenso da porção superior do horizonte B textural, usualmente policrômico em seu restante e, em geral, sob um A moderado com ou sem horizonte E. Embora seja um solo de fácil identificação, pouco se desenvolveu em termos de pesquisa para caracterizar o horizonte B destes solos que freqüentemente era questionado se seria um tipo particular de horizonte B textural, um horizonte espódico, sômbrico ou, ainda, um horizonte A enterrado.

Estes solos ocorrem de forma pouco expressiva e descontínua sobre variados materiais de origem em diferentes relevos e localidades da região Sul do Brasil, com destaque para as áreas planálticas.

Objetivando investigar a gênese do horizonte diagnóstico subsuperficial dos antigos Podzólicos Bruno-Acinzentados, foram desenvolvidos estudos no

campo da química, física, mineralogia e micromorfologia em dois perfis de solos desenvolvidos sobre argilito e riodacito, respectivamente, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Podzolização**

Embora sua conotação com o nome de classes de reconhecimento simples, Podzóis e Podzólicos, sugira o contrário, a podzolização não é um processo simples, tampouco único. Engloba uma série de processos, envolvendo a translocação e mobilização de material, sobretudo matéria orgânica, acompanhada de maiores ou menores quantidades de ferro e alumínio, do horizonte A para o horizonte B (JENNY, 1980; FANNING e FANNING, 1989; BUOL et al., 1989), processo facilitado em solos desenvolvidos de materiais mais arenosos (RESENDE et al., 1997), ainda que não exclusivamente (OLMOS e CAMARGO, 1982; EMBRAPA/IAPAR, 1984; KER et al., 1986; CAMARGO et al., 1987).

Assim, alguns autores consideram a podzolização um processo específico da formação dos Podzóis (do russo: pod = sob ou abaixo de, ash = cinza, tanto contemplando horizonte eluvial “E”, o que lembra cinza após queimada, como a presença do Bh, ou seja, material orgânico). A seqüência de horizontes típica é, então, A, E, Bh, ou Bhs ou Bs (FANNING e FANNING, 1989; BUOL et al., 1989; OLIVEIRA et al., 1992; LUNDSTRÖM et al., 2000 a e b).

Franzmeier e Whiteside (1963), citados por BUOL et al. (1989), assim como outros autores, destacam, entretanto, que a translocação de argila, lessivagem (BUOL et al., 1989), junto com a matéria orgânica, Fe e Al, é um

fenômeno mais que ocasional na podzolização. Assim, RESENDE et al. (1997) definem a podzolização como o conjunto de processos que consiste essencialmente na translocação de material do horizonte A, acumulando-se no horizonte B. Inclui aí, tanto a translocação de matéria orgânica, ferro e de alumínio, formando B espódico ou B podzol, como a própria translocação de argila, constituindo assim um horizonte B textural. Esse último fenômeno é considerado por vários autores como um processo à parte da podzolização, com o nome de lessivagem, podendo ainda ser contemplado nos mecanismos de eluviação e iluviação de argila (FANNING e FANNING, 1989; BUOL et al., 1989; EUA, 1999).

## **2.2. Horizonte B textural**

A definição de horizonte B textural do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) é resultante de modificações e adequações do “argillic horizon” da Soil Taxonomy (EUA, 1975) e das aproximações que lhe antecederam.

Trata-se de um horizonte mineral subsuperficial com textura franco arenosa ou mais fina, cujas características principais referem-se ao expressivo aumento de argila do horizonte A para o horizonte B e, ou, a presença de cerosidade (películas de colóides minerais ou organo-minerais que, se bem desenvolvidos, são facilmente perceptíveis pelo aspecto lustroso e brilho graxo) (EMBRAPA, 1999).

A diferenciação de textura em solos com horizonte B textural tem sido explicada pela atuação simultânea ou seqüencial de processos, afetando os horizontes superficiais ou subsuperficiais e, ou, ambos. Incluem aí: a – eluviação e iluviação de argila; b – erosão seletiva de argila; c – formação de argila “in situ”; d – dissolução de argila nos horizontes superficiais; e – dissolução de argila em horizonte subsuperficial por ferrólise (EUA, 1975; BRINKMAN, 1979; FANNING e FANNING, 1989; BUOL et al., 1989; EMBRAPA, 1999). É importante destacar que o grau de atuação de um ou

mesmo mais de um desses processos varia de solo para solo, sendo geralmente influenciados pelo relevo, clima, material de origem, entre outros fatores. Nem todos esses processos são ainda bem conhecidos.

No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), Argissolos e Luvisolos são as principais classes com B textural. Alissolos, Chernossolos e Plintossolos podem, também, apresentar B textural.

### **2.3. Imobilização do material orgânico ligado ao alumínio e ao ferro com escurecimento do horizonte B.**

Conforme já mencionado, a translocação da matéria orgânica ligada a ferro e alumínio com posterior acúmulo no horizonte B é facilitada em solos de textura mais arenosa, como é o caso da maioria dos Podzóis no mundo (LUNDSTRÖM et al., 2000a) e também no Brasil (OLIVEIRA et al., 1992; GOMES, 1995; RESENDE et al., 1997; MOURA FILHO, 1998; METRI et al., 1999).

Várias têm sido as explicações para a mobilização e imobilização da matéria orgânica juntamente com ferro e alumínio no horizonte B. Recente revisão sobre o tema é encontrada em LUNDSTRÖM et al. (2000a), que, com base em alguns autores, atribui este fenômeno à precipitação em profundidade de complexos organo-metálicos e outros, por adsorção.

Mattson e Lönnermork (1939), citados por LUNDSTRÖM et al. (2000a), destacam que os complexos organo-metálicos, principalmente os de ferro e alumínio, precipitam com o aumento do pH, abaixo do horizonte eluvial (E), por ter alcançado o ponto isoelétrico desses complexos, formando, assim, o horizonte B espódico. Nessa revisão, há diversas citações de trabalhos enfatizando a proporção da saturação do material orgânico com o metal nos complexos ácidos, para que a referida precipitação se verifique. McKEAGUE et al. (1971) verificaram, em experiências laboratoriais, que complexos ácidos fúlvicos-Fe precipitam numa relação molar carbono/ferro de 5 e complexos com alumínio numa relação pouco mais elevada, corroborado por estudos

realizados por Gamble e Schnitzer (1973), citados por McKEAGUE et al. (1986), destacando que os complexos ácidos fúlvicos-metal tornam-se insolúveis à medida que a concentração do íon metálico aumenta.

SCHNITZER (1969) sugere que a decomposição microbiana da matéria orgânica no horizonte Bhs libera ferro e alumínio que poderiam ligar-se a compostos solúveis remanescentes, o que diminui a relação carbono/metal e induz a sua precipitação. Resultados semelhantes, com base em vários autores, são, também, citados por DeCONINCK (1980).

A decomposição de compostos orgânicos pela ação microbiana é diferenciada; cujo processo é mais fácil, por exemplo, em ácidos orgânicos de baixo peso molecular (AOBPM). Boudot et al. (1989), citados por LUNDSTRÖM et al. (2000a), constataram que a biodegradabilidade dos complexos citratos, fulvatos e humatos com ferro e alumínio foi maior, quando comparado a outros de maior peso molecular. Compostos mais solúveis, como os citratos e os fulvatos, são mais rapidamente biodegradáveis, assim como os complexos com ferro são mais facilmente decomponíveis do que aqueles com alumínio. Esses mesmos autores comentam que a biodegradação é uma etapa essencial do processo de imobilização desses metais, em adição ao mecanismo da adsorção.

A importância da complexação orgânica, como mecanismo da podzolização, fundamenta-se no fato de que o alumínio solúvel no horizonte eluvial em solos podzolizados encontra-se ligado a compostos orgânicos cerca de 80% (LUNDSTRÖM et al., 2000a). A evidência da complexação de ferro e alumínio com ácido fúlvico e AOBPM na solução do solo, junto com a capacidade desses ácidos em promover a dissolução de minerais, indicam que esses ácidos são de grande importância na formação do horizonte E nos Espodossolos. Duas características da dissolução dos ácidos orgânicos são particularmente importantes para o processo de podzolização: o número de grupamentos funcionais por unidade de massa de carbono e sua habilidade de complexação com metais.

ANDERSON et al. (1982) sugerem que a formação do horizonte Bh é explicada pela precipitação de colóides orgânicos de carga negativa no topo do horizonte B. No caso do horizonte Bs, a biodegradação dos compostos orgânicos e subsequente liberação e precipitação de alumínio e ferro parecem ser os principais mecanismos envolvidos. Confirmando a efetividade desses mecanismos, Aristovskaya e Zykina (1977), citados por LUNSDTRÖM et al. (2000a), induziram a precipitação de complexos solúveis de alumínio com ácido láctico, tartárico, cítrico e fúlvico pela incubação com fungo não identificado e com bactéria do gênero *Metallogenium*.

Uma outra explicação para deposição de substâncias orgânicas no horizonte B de algumas classes de solos, particularmente os Espodossolos ou solos afins, segundo McDowell e Wood (1984), também citados por LUNDSTRÖM et al. (2000a), deve-se à adsorção de metais pelos materiais orgânicos, em que íons  $Fe^{3+}$  parecem mais efetivos no fenômeno que íons  $Al^{3+}$ .

Pelo visto, os processos envolvidos na imobilização de complexos organo-metálicos no horizonte B de algumas classes de solos não são simples nem únicos. As diferentes teorias envolvendo complexação orgânica, adsorção, precipitação e degradação microbiana, como mecanismo de eluviação e iluviação, são, em parte, contraditórias, porém alguns desses processos podem ocorrer simultaneamente (LUNDSTRÖM et al., 2000a).

#### **2.4. Podzólicos Bruno-Acinzentados**

De acordo com OLMOS e CAMARGO (1982), a conceituação de Podzólico Bruno-Acinzentado (PBA) foi baseada no conceito de *Gray Brown Podzolic* (série *Miami silt loam*) (CLINE, 1949; THORP et al., 1949). Naquela concepção os solos modais da classe apresentam epipedon “ochric” (A moderado), seguido dos horizontes E, B “argillic” (B textural), argila de atividade alta, em que predomina a ilita, saturação de bases alta, e crescente do

horizonte B para o C, com uma certa movimentação de matéria orgânica, responsável pelo escurecimento superior do horizonte Bt.

No Brasil, até o início dos anos 80, os Podzólicos Bruno-Acinzentados encontravam-se, indiscriminadamente, incluídos na classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos (OLIVEIRA et al., 1992). A partir daí, pela peculiaridade do escurecimento do horizonte B, os Podzólicos Bruno-Acinzentados foram individualizados dentro da classe de solos com B textural, não-hidromórficos e não-plínticos (EMBRAPA, 1980c; OLMOS e CAMARGO, 1982; EMBRAPA/IAPAR, 1984; KER et al., 1986; CAMARGO et al., 1987).

Com o incremento de trabalhos de levantamento e realização de viagens de correlação de solos nos Estados do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 1980a; KER et al., 1986), Santa Catarina (EMBRAPA, 1980b) e Paraná (EMBRAPA/IAPAR, 1984), alguns desvios em relação a alguns parâmetros de atributos químicos previstos na definição de Podzólicos Bruno-Acinzentados começaram a aparecer, destacando-se solos com argila de baixa atividade ( $< 24 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ , após correção para o carbono), solos com baixa saturação por bases, e solos frequentemente álicos, com teores de  $\text{Al}^{3+}$  superiores a  $4 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ .

Estas constatações levaram OLMOS e CAMARGO (1982)<sup>1</sup> a admitirem que dentro da classe dos Podzólicos Bruno-Acinzentados, solos com horizonte B textural com a parte superior escurecida, álicos e com argila de atividade mais baixa que  $24 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ , após desconto da contribuição do carbono orgânico, porém maior do que  $17 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ , fossem de distribuição territorial mais ampla no sul do país, área de domínio dessa classe. Não há, entretanto, qualquer especificação quanto à espessura mínima da porção escurecida do horizonte B, nem mesmo critérios de cor em relação ao horizonte sobrejacente, sobretudo no que se refere ao croma.

---

<sup>1</sup> *Comunicação pessoal do Dr. Marcelo Nunes Camargo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos-EMBRAPA-RJ, e confirmado em material cedido pelo Dr. Américo Pereira de Carvalho, ex-pesquisador do CNPS-EMBRAPA, atualmente no CNPF-EMBRAPA, Curitiba, PR. Os perfis referentes ao projeto PBA foram incluídos no apêndice com autorização do CNPS-EMBRAPA.*

Pela cor escurecida do horizonte B, nas viagens de correlação de solos realizadas na área (EMBRAPA, 1980a e b), postulava-se a presença de um similar ao *sombric horizon* da classificação americana (EUA, 1999), assim definido: “derivado de sombre, do francês, e refere-se a um horizonte subsuperficial escuro que pode ocorrer em solos minerais formados em condições de drenagem mais livre. Apresenta húmus subsuperficial não associado ao alumínio, como no horizonte espódico, nem dispersado pelo sódio como no horizonte nátrico. Não é precedido de horizonte E alábico e, normalmente, apresenta maiores teores de matéria orgânica e menores valores de croma ou valor, ou ambos, que o horizonte A que lhe é sobrejacente. Pode formar-se em horizontes argílicos (B textural), câmbicos (B incipiente) e óxicos (B latossólico). Se houver presença de *peds*, a coloração escura é mais pronunciada em sua superfície externa. No campo, é facilmente confundido com um horizonte A enterrado; difere-se deste, entretanto, por não se apresentar muito contínuo (*lateral tracing*) e, na seção fina, a matéria orgânica aparece mais concentrada sobre os *peds* e poros do que uniformemente dispersa na matriz”.

Como atributo desta classe de solo, destaca-se a ocorrência de horizonte A bastante claro quando seco, mesmo com teores relativamente altos de matéria orgânica. Quando úmido é escuro, e pode ser confundido com a parte superior do horizonte B. São normalmente argilosos ou muito argilosos, moderadamente drenados, e pouco profundos (OLMOS e CAMARGO, 1982; EMBRAPA/IAPAR, 1984; KER et al., 1986). Em geral, têm sido reconhecidos Podzólicos Bruno-Acinzentados intermediários com Planossolos, Brunizéns (Chernossolos Ebânicos e Argilúvicos), Podzólicos Vermelho-Amarelos (Argissolos Vermelho-Amarelos), Terra Bruna Estruturada (Nitossolos Háplicos) e Cambissolos Húmicos (OLMOS e CAMARGO, 1982; KER et al., 1986; OLIVEIRA et al., 1992; EMBRAPA, 1999).

No atual sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999), a maior parte dos Podzólicos Bruno-Acinzentados no país se incluiria

na classe dos Alissolos Crômicos Argilúvicos. A grande maioria dos perfis descritos (EMBRAPA/IAPAR 1984; KER et al., 1986) não apresenta argila de atividade  $\geq 20$  cmol<sub>c</sub>/kg de argila, como prevê a definição, como também nem sempre apresenta cerosidade. Depreende-se, daí, que tais solos ainda continuam com problema de definição de critérios para um adequado enquadramento no atual sistema de classificação.

Destaca-se, entretanto, que trabalhos realizados nos estados onde esta classe de solo foi identificada e caracterizada: Paraná (EMBRAPA/IAPAR, 1984); Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 1980a; KER et al., 1986) e Santa Catarina (EMBRAPA, 1980b), apesar da menção de cerosidade nas descrições morfológicas dos Podzólicos Bruno-Acinzentados reconhecidos, não foram realizados quaisquer estudos micromorfológicos que confirmassem possíveis argilãs iluviais.

De estudos micromorfológicos existentes para solos dessa classe, podem ser citados apenas aqueles referentes ao “Projeto Podzólico Bruno-Acinzentado” do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, cuja análise micromorfológica da seção fina de três horizontes B de Podzólicos Bruno-Acinzentados do sul do país evidenciaram a ocorrência de argilãs de iluviação em quantidades variáveis, confirmando tratar-se de um B textural pelo sistema recentemente publicado (EMBRAPA, 1999), bem como pelas aproximações que lhe antecederam.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização da área e coleta dos solos**

Como representantes da classe dos solos anteriormente reconhecidos como Podzólicos Bruno-Acinzentados, foram descritos e coletados dois perfis de solos de acordo com LEMOS e SANTOS (1996). Um perfil (P1), situa-se no município de Santa Terezinha, no Alto Vale do Rio Itajaí, no Estado de Santa Catarina, com coordenadas de 26<sup>o</sup>46'S e 50<sup>o</sup>03'WGr., o outro (P2), localiza-se no município de Sobradinho, no Estado do Rio Grande do Sul, com coordenadas de 29<sup>o</sup>27'S e 53<sup>o</sup>03'WGr. (Figura 1). No P1, coletaram-se amostras em camadas delgadas em torno de 5 cm de espessura nos horizontes de maior interesse e, no P2, somente em horizontes.

#### **3.2. Geologia**

No Estado de Santa Catarina, os Podzólicos Bruno-Acinzentados situam-se praticamente na região da Cobertura Sedimentar Gonduânica, e no caso em estudo (P1), sobre a Formação Serra Alta do Grupo Passa Dois, Permiano Superior (KAUL, 1990). Esta formação é composta por argilitos, seguidos de siltitos, folhelhos e lentes e concreções calcíferas depositadas em ambiente marinho de águas rasas e calmas (SCHNEIDER et al., 1974).

O segundo solo estudado (P2), já no Rio Grande do Sul, encontra-se sobre rochas vulcânicas, da Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo), onde aflora a seqüência ácida composta por dacitos e riodacitos (HORBACH et al., 1986).



Figura 1- Localização dos perfis de solos estudados.

### **3.3. Geomorfologia**

Em Santa Catarina, esses solos são comuns na área denominada de Patamares do Alto Rio Itajaí, situando-se numa altitude em torno de 800m. Trata-se de áreas com patamares em meio à forte dissecação do relevo (SANTA CATARINA, 1986).

No Rio Grande do Sul, os Podzólicos Bruno-Acinzentados ocorrem com frequência no Planalto das Araucárias (unidade geomorfológica Patamares da Formação Serra Geral), e, na parte sul, próximo à Depressão Central Gaúcha, onde as águas drenam para o rio Jacuí. Trata-se de uma área com patamares com altitude a cerca de 600m, onde dominam rochas efusivas intermediárias e ácidas, em relevo muito dissecado, normalmente ondulado e forte ondulado (JUSTUS et al., 1986).

### **3.4. Vegetação**

A vegetação original, nos pontos amostrados, enquadra-se como Floresta subtropical subperenifólia (EMBRAPA, 1999). Nos dois locais é comum a presença de araucárias.

### **3.5. Clima**

Segundo a classificação de Köppen, as áreas em estudo se enquadram no clima do grupo C – Mesotérmico, uma vez que as temperaturas médias do mês mais frio são superiores a 3<sup>0</sup>C e inferiores a 18<sup>0</sup>C, não havendo período seco, portanto clima do tipo úmido (f) (NIMER, 1990). Os pontos de coleta situam-se em áreas de transição de climas Cfa e Cfb, onde há verões entre quentes e amenos.

A precipitação média anual fica em torno de 1.600 mm no Estado do Rio Grande do Sul e 1.800 mm no Alto Vale do Itajaí em Santa Catarina. Em ambas as áreas as precipitações são bem distribuídas (NIMER, 1990).

### **3.6. Análises de Laboratório**

As amostras depois de destorroadas, secas ao ar e peneiradas (malha com 2 mm diâmetro), foram submetidas a análises físicas e químicas, conforme metodologia descrita a seguir.

#### **3.6.1. Caracterização física**

##### **3.6.1.1. Análise textural**

Após contato de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L por 12 horas e agitação em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos, as frações areia grossa e areia fina foram separadas por peneiras de malhas de 0,2 e 0,053 mm, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta e a fração silte por diferença (EMBRAPA, 1997b).

##### **3.6.1.2. Argila dispersa em água**

Procedeu-se à dispersão de 10 g de TFSA com água, e determinou-se o teor de argila pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997b).

##### **3.6.1.3. Grau de Flocculação**

Calculado pela fórmula:

$$GF = 100(\text{Argila Total} - \text{Argila dispersa em água})/\text{Argila Total}$$

#### **3.6.2. Caracterização química**

##### **3.6.2.1. Rotina**

Os valores do pH em água e em KCl 1 mol/L foram determinados potenciometricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura. Cálcio e magnésio

trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol/L, na proporção 1:10, e determinados por absorção atômica. O alumínio trocável, também extraído com KCl 1 mol/L, na proporção 1:10, foi determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L. Potássio e sódio trocáveis e fósforo disponível, extraídos com solução de “Mehlich I” na relação 1:10. O fósforo foi determinado por colorimetria e o potássio e sódio por fotometria de emissão de chama (DEFELIPO e RIBEIRO, 1996). A acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol/L, na relação 1:15 com pH ajustado a 7, e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/L (EMBRAPA, 1997b). Os valores S, V, T e m foram calculados pelas fórmulas:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

$$V = (S/T) \times 100$$

$$T = S + (H^+ + Al^{3+})$$

$$m = 100Al^{3+} / (S + Al^{3+})$$

### 3.6.2.2. Ataque sulfúrico

A extração do ferro, alumínio, silício, potássio, fósforo e titânio foram feitas na TFSA, em duplicata, com  $H_2SO_4$  1:1 (volume água-ácido), aquecendo-se, até fervura, por 1 hora, sob refluxo, com posterior esfriamento, filtragem e diluição. No resíduo, determinou-se o silício; e no filtrado, o restante (EMBRAPA, 1997). O silício, alumínio, fósforo e o titânio foram determinados por colorimetria no comprimento de onda de 655,5 nm, 536 nm, 725 nm e 430 nm, respectivamente. Para determinação do alumínio usou-se alaranjado de xilenol (EMBRAPA, 1982). O ferro foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica e o potássio por fotometria de emissão de chama. Os teores dos elementos determinados foram convertidos para forma de óxidos ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ ).

As relações moleculares Ki foram calculadas pela seguinte fórmula:

$$Ki = 1,7 \times (\%)SiO_2 / (\%)Al_2O_3.$$

### 3.6.2.3. Fracionamento e determinação das substâncias húmicas

Na caracterização das substâncias húmicas, aplicou-se o princípio de suas solubilidades diferenciadas em meio ácido e alcalino: humina (HU) insolúvel em ácido e em álcali; ácidos húmicos (AH) solúvel em álcali e insolúvel em ácido; e ácidos fúlvicos (AF) solúvel em ácido e em álcali, conforme SCHNITZER (1982), com modificações. As amostras de solos (TFSA) foram passadas em almofariz, em peneira de 0,210 mm e examinadas em triplicata. Das primeiras cinco camadas do P1 e da primeira do P2 foram usados 0,5g de solo e 1,0g do restante; as amostras foram colocadas em tubos de centrifuga de 45 mL, adicionados 10 mL de NaOH 0,1 mol/L, agitadas verticalmente por uma hora e submetidas ao repouso de 24 horas em temperatura ambiente. Após esse período, foram centrifugadas a 1.460g por 20 minutos e separado o sobrenadante. Junto ao precipitado, foram novamente acrescentados mais 10 mL de NaOH 0,1 mol/L, resuspenso e deixado em repouso por mais 1 hora, novamente centrifugado a 1.460g por 20 minutos e separado o sobrenadante. Após repetido essa última operação, o precipitado (fração humina e matriz mineral do solo) foi seco em estufa a 40<sup>0</sup>C no próprio tubo. O volume do sobrenadante (30 mL) que continha as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos sofreu redução de pH para 1,8 com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% (volume/volume), repouso de 18 horas a fim de precipitar a fração ácidos húmicos, e após centrifugação a 1.460g por 20 minutos. O volume do sobrenadante (fração ácido fúlvico) foi elevado a 50 mL com água destilada e o precipitado (fração ácido húmico), a 50mL com NaOH 0,1 mol/L.

As determinações de carbono presente na fração ácidos fúlvicos (AF), fração ácidos húmicos (AH), fração humina (HU) e carbono total (COT) do solo foram feitas por oxidação com dicromato, utilizando-se o processo proposto por YEOMANS e BREMNER (1988).

#### **3.6.2.4. Ferro, Alumínio e Manganês extraídos pelo DCB, Oxalato ácido de amônio e Pirofosfato de Sódio**

Após contato de 0,5g de TFSA, triturada em almofariz e passada em peneira de 0,210mm, com 10mL de citrato-bicarbonato de sódio e 0,3g de ditionito, em banho-maria por 15 minutos a 75°C com agitação, centrifugado a 514g por 3 minutos, extraiu-se o ferro (Fed) que não faz parte da estrutura de minerais silicatados (“ferro livre”) (MEHRA e JACKSON, 1960). Neste mesmo extrato, determinaram-se Al e Mn. Com 10 mL de oxalato ácido de amônio, para dissolver amorfos inorgânicos de Fe e Al (Feo e Alo) e complexos organo-metálicos de Fe e Al, foram agitados, por 4 horas no escuro, 0,5g de TFSA triturada e passada em peneira de 0,210mm e centrifugados a 1.575g por 4 minutos (McKEAGUE e DAY, 1966). Neste extrato foi também determinado o Mn. Segundo McKEAGUE (1978), para extrair complexos organo-metálicos de Fe e Al (Fep e Alp) dos solos, foram usados 0,3g de TFSA triturada e passada em peneira 0,210mm e 30mL de solução de pirofosfato de sódio, agitado por 16 horas, centrifugado a 1.460g por 10 minutos. Na extração com pirofosfato de sódio, na etapa da centrifugação, usaram-se em substituição ao coagulante “superfloc 0,1%”, 2mL de  $\text{CaCl}_2$  0,5 mol/L. No mesmo extrato, foram determinados o ferro, alumínio e manganês. Todas as determinações foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica nos respectivos extratos.

#### **3.6.2.5. Nitrogênio total**

Determinado pelo método de Kjeldahl, modificado por TEDESCO (1985).

### **3.6.2.6. Densidade ótica do extrato de oxalato**

Foi feita diretamente no extrato do oxalato ácido de amônio a pH 3,0, relação solo/solução de 1:40, com agitação de 4 horas seguida de centrifugação a 1.575g. No sobrenadante, a densidade ótica (absorbância) foi determinada no comprimento de onda 430 nm, conforme a metodologia constante em EUA (1996), utilizada na caracterização de material espódico (*spodic materials*) (EUA, 1999).

### **3.6.3. Caracterização mineralógica**

#### **3.6.3.1. Difratometria de raios-x**

Foram montadas lâminas orientadas com argila natural e com argila desferrificada por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio de horizontes selecionados dos dois solos (MEHRA e JACKSON, 1960). As amostras de argila desferrificada também sofreram tratamento com magnésio, magnésio e glicerol e potássio, sendo essas últimas submetidas a difratometria de raios-x na temperatura ambiente e após aquecimento de 100, 350 e 550°C. As leituras foram feitas em difratômetro com tubo de cobre e filtro de níquel, no intervalo do ângulo  $2\theta$  de 4° a 40°. Fez-se, também, a difratometria de raio-x na argila tratada com NaOH 5 mol/L para concentração de óxidos e melhor visualização dos picos característicos (KÄMPF e SCHWERTMANN, 1982). Foram montadas lâminas não-orientadas e irradiadas no intervalo do ângulo  $2\theta$  de 24° a 50° em difratômetro com tubo de ferro, adicionando-se 10% de quartzo triturado, como padrão interno.

#### **3.6.4. Caracterização micromorfológica**

Para os dois perfis, coletaram-se amostras indeformadas das porções superior, intermediária superior, central, intermediária inferior ao horizonte B

escurecido, para estudos micromorfológicos. Essas amostras indeformadas, após secas em estufa, foram impregnadas com resina de poliéster e confeccionadas lâminas (10x3cm), que foram analisadas por microscopia ótica. A terminologia das feições micropedológicas estudadas seguiu FITZPATRICK (1993).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Características físicas e morfológicas**

#### **4.1.1. Granulometria**

Os dois solos apresentaram textura argilosa e muito argilosa no horizonte B (Quadro 1). Os maiores teores de argila do P1 expressam o potencial da granulometria fina da rocha de origem (argilito). Os maiores teores de areia do P2 também condizem com seu desenvolvimento a partir de riodacito, que contém quartzo como um de seus componentes mineralógicos (HORBACH et al., 1986).

Nos dois solos foram expressivos os teores de argila dispersa em água (ADA) em todos os horizontes, o que resultou em valores relativamente baixos de grau de floculação. Isto reflete a predominância de cargas negativas nestes solos e, de certa forma, indica que o grau de evolução não é muito acentuado, principalmente no P2.

Observou-se tendência de valores mais elevados de argila dispersa em água na porção mais escurecida do horizonte B dos dois solos, ainda que mais marcante no P2. Isto pode ser atribuído ao maior acúmulo de matéria orgânica neste horizonte, contribuindo, assim, para a redução do ponto de carga zero e conseqüente aumento no grau de dispersão das argilas, o que se deve, possivelmente, à variação na qualidade da matéria orgânica, uma vez que os horizontes superficiais apresentaram os menores valores de ADA nos dois solos.

Quadro 1- Profundidade, cor úmida, granulometria, relação silte/argila, argila dispersa em água, grau de flocculação e densidade ótica dos solos estudados

Hor.	Prof. cm	Cor úmida	Areia		Silte	Argila	Silte/Argila	ADA	GF	DO 430nm
			grossa	fina						
-----%-----										
<b>P1</b>										
Ap	0-21	10YR 4/3	2	1	36	61	0,59	19	70	0,504
A2	-61	10YR 4/4	3	1	26	70	0,37	32	52	0,396
AB	-76	10YR 4/4	5	2	24	69	0,35	34	50	0,358
B1	-100	10YR 3/1	3	1	24	76	0,26	34	55	0,741
B2	-142	10YR 4/6	6	3	21	70	0,30	37	47	0,288
B3	-160	10YR 5/4	4	2	30	64	0,47	33	48	0,195
BC	-185	10YR 5/4	7	2	28	63	0,44	34	46	0,223
Cr	-190 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,157
<b>P2</b>										
Ap	0-12	10YR 4/3	10	7	45	38	1,18	13	66	0,454
A2	-26	10YR 4/3	11	5	46	38	1,21	17	55	0,518
A3	-40	10YR 4/4	12	4	37	47	0,79	17	64	0,541
Bt1	-60	7,5YR 3/2	9	3	26	62	0,42	28	55	0,843
Bt2	-78	7,5YR 3/4	5	5	31	59	0,53	26	56	0,353
BC1	-118	5YR 4/6	2	7	44	47	0,94	23	51	0,231
BC2	-150	5YR 4/6	2	10	48	40	1,20	20	50	0,221
BCr	-160	7,5YR 5/4	3	17	47	33	1,42	18	45	0,171
Cr	-180 <sup>+</sup>	7,5YR 6/2	-	-	-	-	-	-	-	-

ADA = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação; DO = Densidade Ótica

A distribuição de argila foi mais homogênea ao longo do P1 (Quadro 1 e Figura 2), o que aliado à ausência de cerosidade observada no campo e também de cutãs de iluviação (ver micromorfologia), não confirmou a presença de B textural, requerido para as classes dos Podzólicos Bruno Acinzentados, conforme definição constante em OLIVEIRA et al. (1992).

Foi marcante, entretanto, o incremento de argila do horizonte A para o horizonte B no P2, com relação textural de 1,48 (Quadro 1), decorrente dos maiores teores de argila dispersa. Esse fato, mais a estrutura em blocos, bem como a cerosidade descrita em campo e confirmada em microscopia pela presença de argilãs de iluviação, confirmam a presença do horizonte B textural neste solo. Assim, a migração de argila do horizonte A com deposição no B e sua perda por erosão diferencial, facilitadas pelos elevados valores de argila

dispersa em água, levam às explicações mais convincentes para a gênese do horizonte B textural.

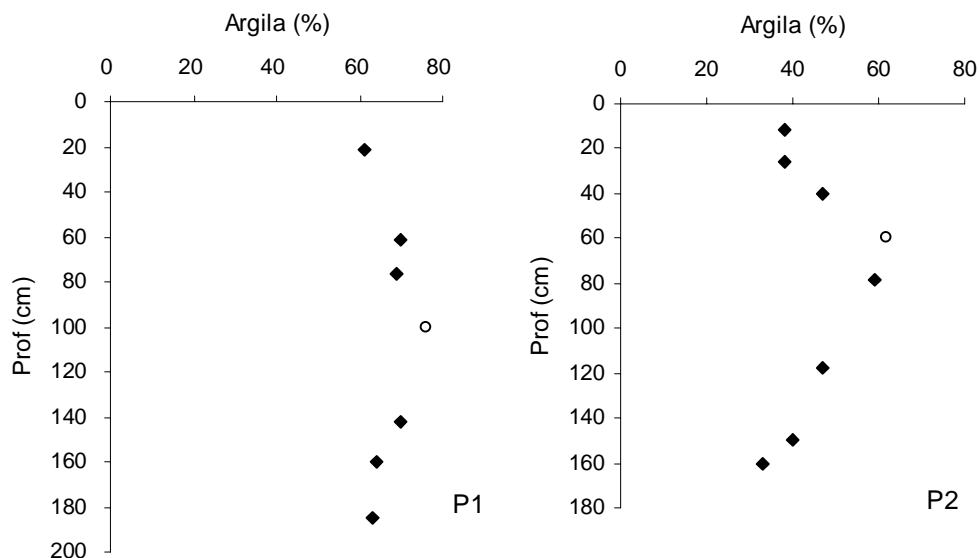


Figura 2 - Variação dos teores de argila em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

#### 4.1.2. Morfologia

Em conformidade com a definição da classe (OLIVEIRA et al., 1992), é conspícuo o escurecimento do topo do horizonte B destes solos, em que o valor e o croma são menores que aqueles constatados no horizonte A (Quadro 1). Isso reflete a deposição de componentes húmicos neste horizonte. Esse aspecto, pelo menos parcialmente, encontra-se condizente com a definição de horizonte sômbrico (*sombric horizon*) da *Soil Taxonomy* (EUA, 1999), conforme referenciado anteriormente.

O escurecimento marcante do horizonte B é também mostrado pelos maiores valores da densidade ótica (DO) no extrato do oxalato (Quadro 1). Estes valores são inclusive maiores que 0,25, valor de referência da *Soil Taxonomy* (EUA, 1999) para material espódico que, por sua vez, fazem parte da definição de B espódico cuja gênese prevê deposição de material orgânico complexado com alumínio e com ou sem ferro. Os valores da densidade ótica

dos horizontes escurecidos em relação aos valores obtidos nos horizontes imediatamente acima foram de 1,5 e 2,0 para o P2 e P1, respectivamente (Figura 3 e Quadro 1), também condizentes com a definição de material espódico.

O horizonte A é do tipo moderado nos dois solos, sendo marcante o distanciamento da cor úmida em relação à seca apenas no P2, conforme destaca a definição dos Podzólicos Bruno-Acinzentados (OLIVEIRA et al., 1992).

Os matizes 10YR e 7,5YR dos horizontes B do P1 e P2, respectivamente, sugerem o predomínio da goethita em relação à hematita, confirmado pela difratometria de raios-x. Isto é consonante com as condições locais mais frias e úmidas, favoráveis à gênese e estabilidade de goethita (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1977).

A estrutura é moderada e média em blocos subangulares; e forte pequena e média, em blocos angulares e subangulares no P1 e P2. Este dado

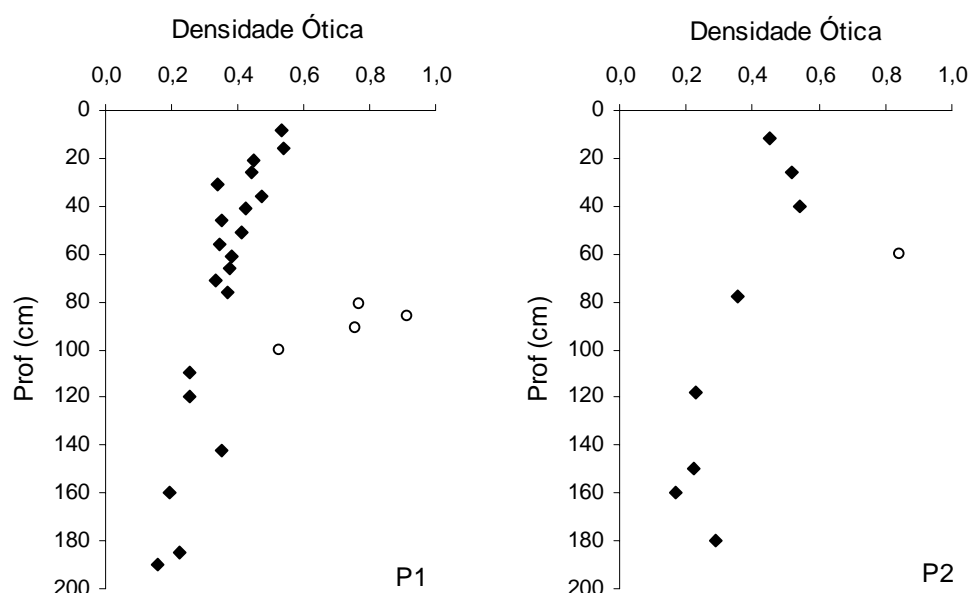


Figura 3 – Valores de densidade ótica em profundidade nos dois perfis (o símbolo ‘o’ refere-se ao horizonte escurecido).

aliado à cerosidade às vezes forte e abundante, como verificado no P2 (Quadro 2A do Apêndice), confirma B textural típico apenas para este perfil.

## **4.2. Características químicas**

### **4.2.1. Análises de rotina**

Apesar de ácidos e álicos (Quadro 2), os solos apresentam peculiaridades marcantes e distintas no complexo de troca. O solo P1 apresenta teores baixos de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e muito elevados de  $\text{Al}^{3+}$ , em toda extensão do perfil. No P2, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  são mais elevados, sobretudo na superfície, em razão de provável correção com calcário. Nesse caso, os teores de  $\text{Al}^{3+}$ , mesmo elevados desde a superfície, tornam-se superiores a  $7 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  no Bt1. Portanto, em ambos os casos, confirma-se o caráter aluminico (solos álicos com  $\text{Al}^{3+} > 4 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ , conforme EMBRAPA, 1999).

Os solos apresentam-se eletronegativos, com valores de  $\Delta\text{pH}$  superiores a 0,5. Esses valores de  $\Delta\text{pH}$  elevados e negativos e em meio ácido indicam amplo predomínio de minerais com cargas permanentes em relação àqueles com cargas dependentes de pH (UEHARA e GILLMAN, 1981). Ainda, segundo estes autores, os minerais, sobretudo aqueles de estrutura 2:1, são instáveis e tendem a solubilizar-se, liberando grandes quantidades de alumínio, nas condições especificadas acima. Este fato é também destacado para solos aluminicos de argila de atividade alta do Estado do Acre (MARTINS, 1993) e de Pernambuco (GOMES, 1985).

Os teores de alumínio trocável nos três últimos horizontes do P2 foram superiores aos da acidez potencial, podendo ser devido à atuação do KCl nestes solos, que em meio mais ácido pode extrair alumínio além do trocável. De acordo com Amedee e Pech (1976), uma certa quantidade de  $\text{Al}^{3+}$  extraído com KCl  $1 \text{ mol/L}$  vem da solubilização de alumínio amorfo ou mesmo da possível ação do extrator na solubilização de algum mineral 2:1, liberando

Quadro 2- Características químicas dos solos estudados

Hor.	Prof. cm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al+H	S	T	V	m	P disp mg/kg	N	C	C/N	DO	pH		
																	H <sub>2</sub> O	KCl	Δ pH
<b>P1</b>																			
Ap	0-8	0,45	0,18	0,17	0,03	12,70	20,13	0,83	20,9	4,0	93,9	3,5	0,37	3,34	9	0,53	4,15	3,22	-0,93
Ap	-16	0,13	0,08	0,21	0,02	14,01	18,48	0,44	18,9	2,3	97,0	4,2	0,30	2,68	9	0,54	4,21	3,30	-0,91
Ap	-21	0,05	0,04	0,20	0,02	14,70	18,15	0,31	18,5	1,7	97,9	4,7	0,27	2,00	7	0,45	4,35	3,38	-0,97
A2	-26	0,04	0,04	0,20	0,02	15,10	18,81	0,30	19,1	1,6	98,1	5,6	0,25	2,20	9	0,44	4,45	3,43	-1,02
A2	-31	0,08	0,04	0,20	0,03	16,10	18,81	0,35	19,1	1,8	97,9	3,8	0,24	1,88	8	0,34	4,46	3,47	-0,99
A2	-36	0,05	0,03	0,20	0,02	15,70	18,81	0,30	19,1	1,6	98,1	3,5	0,24	1,68	7	0,47	4,52	3,48	-1,04
A2	-41	0,05	0,04	0,20	0,02	15,50	19,14	0,31	19,4	1,6	98,0	2,7	0,22	1,67	7	0,43	4,54	3,49	-1,05
A2	-46	0,06	0,04	0,21	0,02	15,70	18,15	0,33	18,5	1,8	97,9	2,7	0,21	1,59	8	0,35	4,60	3,53	-1,07
A2	-51	0,07	0,04	0,20	0,03	15,30	18,48	0,34	18,8	1,8	97,8	1,7	0,22	1,51	7	0,41	4,66	3,54	-1,12
A2	-56	0,07	0,04	0,16	0,02	15,50	18,81	0,29	19,1	1,5	98,2	1,1	0,19	1,38	7	0,35	4,64	3,56	-1,08
A2	-61	0,06	0,03	0,18	0,02	16,10	18,48	0,29	18,8	1,5	98,2	3,5	0,18	1,22	7	0,38	4,69	3,56	-1,13
AB	-66	0,05	0,03	0,15	0,01	16,10	18,15	0,24	18,4	1,3	98,5	1,5	0,16	1,20	7	0,37	4,71	3,58	-1,13
AB	-71	0,04	0,04	0,17	0,02	16,30	17,82	0,27	18,1	1,5	98,4	1,1	0,16	1,11	7	0,33	4,80	3,58	-1,22
AB	-76	0,04	0,04	0,19	0,02	16,30	17,82	0,29	18,1	1,6	98,3	1,3	0,15	1,22	8	0,37	4,78	3,59	-1,19
B1	-81	0,03	0,03	0,19	0,01	16,90	21,45	0,26	21,8	1,2	98,5	2,0	0,16	1,17	7	0,77	4,83	3,55	-1,28
B1	-86	0,04	0,04	0,19	0,02	17,70	20,13	0,29	20,4	1,4	98,4	3,5	0,17	1,59	9	0,91	4,84	3,56	-1,28
B1	-91	0,03	0,04	0,20	0,02	16,70	18,48	0,29	18,8	1,5	98,3	2,7	0,16	1,51	9	0,76	4,81	3,54	-1,27
B1	-100	0,03	0,04	0,19	0,02	16,70	18,81	0,28	19,1	1,5	98,3	1,7	0,14	1,31	9	0,53	4,79	3,55	-1,24
B2	-110	0,02	0,04	0,18	0,02	16,90	18,15	0,26	18,5	1,4	98,5	2,3	0,12	0,87	7	0,26	4,84	3,53	-1,31
B2	-120	0,00	0,04	0,21	0,01	17,10	17,82	0,26	18,1	1,4	98,5	1,5	0,12	0,83	7	0,26	4,89	3,51	-1,38
B2	-142	0,02	0,05	0,21	0,01	18,10	19,47	0,29	19,8	1,5	98,4	1,9	0,12	0,61	5	0,35	4,90	3,48	-1,42
B3	-160	0,00	0,04	0,23	0,01	15,90	18,81	0,28	19,1	1,5	98,3	3,1	0,10	0,62	6	0,19	4,89	3,48	-1,41
BC	-185	0,00	0,04	0,18	0,01	16,10	19,14	0,23	19,3	1,2	98,6	1,9	0,10	0,50	5	0,22	4,91	3,47	-1,44
Cr	-190 <sup>+</sup>	0,00	0,03	0,18	0,01	15,10	18,15	0,22	18,4	1,2	98,5	2,0	0,08	0,28	4	0,16	-	-	-
<b>P2</b>																			
Ap	0-12	3,59	0,85	0,11	0,02	2,10	7,59	4,57	12,2	37,5	31,5	4,9	0,19	1,98	10	0,45	5,26	3,86	-1,40
A2	-26	2,60	0,51	0,23	0,01	2,70	7,26	3,35	10,7	31,5	44,6	4,2	0,18	1,74	10	0,52	5,07	3,73	-1,34
A3	-40	2,77	0,50	0,13	0,01	3,50	8,25	3,41	11,7	29,1	50,7	3,8	0,17	1,85	11	0,54	5,14	3,73	-1,41
Bt1	-60	2,08	0,42	0,22	0,01	7,30	12,87	2,73	15,6	17,5	72,8	3,8	0,15	1,88	13	0,84	5,05	3,62	-1,43
Bt2	-78	1,00	0,24	0,12	0,01	10,90	13,20	1,37	14,6	9,4	88,8	2,1	0,10	0,86	9	0,35	5,04	3,59	-1,45
BC1	-118	0,61	0,19	0,11	0,02	14,70	14,85	0,93	15,8	5,9	94,1	1,9	0,06	0,50	8	0,23	5,12	3,56	-1,56
BC2	-150	0,59	0,19	0,17	0,03	16,50	15,51	0,98	16,5	5,9	94,4	2,3	0,04	0,31	7	0,22	5,20	3,54	-1,66
BCr	-160	0,88	0,27	0,15	0,04	17,90	16,17	1,34	17,5	7,6	93,0	1,9	0,03	0,15	5	0,17	5,30	3,53	-1,77
Cr	-180 <sup>+</sup>	1,09	0,33	0,20	0,06	17,50	15,18	1,68	16,9	9,9	91,2	3,5	0,01	-	-	5,32	3,52	-1,80	

alumínio. O colapso em 1,0 nm da argila tratada com potássio, já em baixas temperaturas, reforça esta afirmativa (ver difratometria de raios-x).

Nos dois solos, a atividade da fração argila foi menor que 27 cmol<sub>c</sub>/kg de argila, caracterizando solos com argila de atividade baixa (EMBRAPA, 1999), ainda que os valores tenham ficado muito próximos deste (26 e 25 cmol<sub>c</sub>/kg de argila, para o P1 e P2, respectivamente).

A relação C/N encontra-se dentro da faixa de normalidade para solos tropicais de drenagem mais livre.

#### **4.2.2. Ataque sulfúrico**

Os teores de SiO<sub>2</sub> e mesmo de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Quadro 3), exceto o horizonte Ap do solo P1, apresentaram-se uniformes e, de certa forma, coerentes com a distribuição dos teores de argila em profundidade. O somatório da percentagem dos óxidos, entretanto, foi muito menor que os teores de argila encontrados para este solo (Quadro 1). Embora este artifício seja empregado na conferência da análise granulométrica de Latossolos, indicando que o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> não está atacando todo o mineral presente na fração argila, provavelmente o quartzo, o que é confirmado na difratometria de raios-x.

Os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram maiores no P2 que no P1 (Quadro 3), em razão do material de origem do P2 (riodacito) ser mais rico nestes elementos que aquele do P1 (argilito). Os teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ainda que relativamente baixos no P2, encontram-se na mesma ordem de grandeza que aqueles encontrados para solos afins (Terras Brunas e mesmo Cambissolos Brunos), coletados no sul do país sobre rochas efusivas ácidas do mesmo grupo geológico (EMBRAPA, 1980a; KER et al., 1986; KER e RESENDE, 1990). Este fato confirma que os resultados analíticos de solos de determinadas unidades de mapeamento podem ser úteis no delineamento de manchas de rochas efusivas ácidas do Grupo São Bento, no sul do país.

Os teores de TiO<sub>2</sub> se apresentaram uniformes em profundidade, sugerindo não haver descontinuidade, e podem ser considerados relativamente

baixos para solos desenvolvidos de rochas efusivas da Formação Serra Geral, com base na comparação de vários resultados analíticos de perfis coletados na área, como EMBRAPA (1980a e b), PALMIERI (1986), KER et al. (1986), KER e RESENDE (1990). É provável que isto se deva a uma menor expressão desse elemento em alguns segmentos da Formação Serra Geral.

Guimarães (1960), citado por HORBACH et al. (1986), baseando-se em análises químicas de derrame mais superiores dessa formação, concluiu que o enriquecimento em SiO<sub>2</sub> e K, acompanhado de empobrecimento de Ti, Fe, Mg e Ca, em algumas dessas rochas, seria devido a processos de assimilação subcrustal e diferenciação magmática. A heterogeneidade dessas rochas, na bacia do Paraná, quanto a alguns elementos, é destacada por RUEGG (1975), que a subdividiu em quatro regiões, em mapas de isotores dos elementos principais e elementos traços.

Quadro 3- Teores de óxidos de silício, alumínio, ferro, titânio, fósforo, e potássio resultantes do ataque sulfúrico e relação molecular Ki dos solos estudados

Hor.	Prof. cm	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ki
-----dag/kg-----								
<b>P1</b>								
Ap	0-21	22,84	15,08	5,47	0,42	0,08	1,16	2,57
AB	61-76	22,06	22,79	5,80	0,56	0,07	1,47	1,65
B1	76-100	22,47	21,06	5,75	0,49	0,06	1,34	1,81
B2	100-142	22,12	22,69	5,42	0,59	0,07	1,75	1,66
B3	142-160	22,69	21,94	5,84	0,49	0,07	1,81	1,76
BC	160-185	23,78	22,43	5,74	0,55	0,07	1,79	1,80
Cr	185-190 <sup>+</sup>	21,72	20,11	4,63	0,46	0,08	1,89	1,84
<b>P2</b>								
Ap	0-12	14,91	15,97	6,05	0,76	0,11	0,36	1,59
A2	12-26	14,60	15,69	6,45	0,75	0,11	0,31	1,58
A3	26-40	15,23	14,27	6,41	0,78	0,10	0,40	1,81
Bt1	40-60	20,16	21,83	6,37	0,72	0,10	0,52	1,57
Bt2	60-78	19,22	22,02	7,50	0,78	0,11	0,42	1,48
BC1	78-118	19,72	19,47	6,85	0,63	0,08	0,30	1,72
BC2	118-150	19,10	17,86	6,35	0,62	0,09	0,24	1,82
BCr	150-160	18,97	13,32	6,31	0,48	0,09	0,23	2,42
Cr	160-180 <sup>+</sup>	16,85	13,32	4,78	0,39	0,05	0,16	2,15

Quantidades mais elevadas de  $K_2O$  obtidas no P1 estão condizentes com a presença expressiva de micas em argilitos desta Formação observadas por HORBACH et al. (1986).

Os valores de  $K_i$ , no horizonte B dos dois solos, acima de 1,5, indicam que os mesmos não experimentaram estágio intenso de intemperização, o que é reforçado pela mineralogia (ausência de gibbsita).

#### **4.2.3. Ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito, oxalato de amônio e pirofosfato de sódio**

O ditionito, pela sua força redutora (BOGGAARD, 1988), foi o extrator que mais recuperou ferro na TFSA dos dois solos, em razão do predomínio do  $Fe^{3+}$  presente na goethita (óxido de ferro exclusivo na fração argila do P1 e dominante na do P2) e, em menor proporção, na hematita (constatada no P2, Quadro 4).

Os teores de ferro obtidos pelos extratores oxalato e pirofosfato foram maiores no horizonte B escurecido dos dois solos (Figura 4), indicando maior concentração desse elemento nesta porção do perfil, provavelmente em razão da complexação com a matéria orgânica. O oxalato de amônio extraiu mais ferro que o pirofosfato de sódio (indicado na recuperação do ferro complexado à matéria orgânica), no P2. No P1, as quantidades recuperadas por esses dois extratores foram parecidas (Quadro 4), o que indica maior proporção de complexos Fe-orgânicos no solo P1 que no P2.

No P1, as relações  $Fe_o/Fed$  são sensivelmente maiores nas camadas do horizonte B escurecido em relação aos demais, inclusive àquelas verificadas no horizonte A (Quadro 5), o que indica o efeito da matéria orgânica na menor cristalinidade dos óxidos de ferro, conforme assinalado por SCHWERTMANN (1966). Além disso, sugere que o tipo de substância húmica é importante nesta redução de cristalinidade, o que, entretanto, não ficou claro no P2, provavelmente em razão da coleta ter sido feita em todo o

horizonte e não em camadas mais delgadas como no P1, mascarando o possível efeito.

Os teores de alumínio (Quadro 4), pelos três extratores, tenderam a ser maiores no horizonte B escurecido dos dois solos (Figura 5). Conforme já verificado para o ferro, e pelas mesmas razões (redução da relação carbono/metálico), o alumínio complexado por substâncias húmicas, acumula-se neste horizonte, confirmando o processo de podzolização.

Quadro 4- Teores de ferro, alumínio e manganês extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (d), oxalato ácido de amônio (o) e pirofosfato de sódio (p) em amostras de TFSA nos solos estudados

Hor.	Prof.	Fed	Feo	Fep	Ald	Alo	Alp	Mnd	Mno	Mnp
	cm	-----dag/kg-----								
<b>P1</b>										
Ap	0-8	2,61	0,48	0,56	0,46	0,61	0,53	0,00	0,00	0,00
Ap	-16	2,81	0,55	0,55	0,49	0,64	0,69	0,00	0,00	0,00
Ap	-21	2,91	0,57	0,49	0,50	0,77	0,77	0,00	0,00	0,00
A2	-26	2,73	0,56	0,46	0,51	0,80	0,79	0,00	0,00	0,00
A2	-31	2,75	0,54	0,56	0,46	0,81	0,88	0,01	0,01	0,00
A2	-36	2,76	0,48	0,54	0,61	0,96	0,91	0,00	0,00	0,00
A2	-41	2,57	0,54	0,66	0,63	0,95	0,88	0,00	0,00	0,00
A2	-46	2,68	0,52	0,50	0,60	0,99	0,78	0,00	0,00	0,00
A2	-51	2,75	0,50	0,46	0,58	0,91	0,85	0,00	0,00	0,00
A2	-56	2,86	0,48	0,57	0,66	0,90	0,75	0,01	0,00	0,00
A2	-61	2,39	0,44	0,53	0,63	1,05	0,78	0,00	0,00	0,00
AB	-66	2,60	0,39	0,51	0,62	0,93	0,72	0,01	0,00	0,00
AB	-71	2,45	0,45	0,40	0,62	1,05	0,75	0,00	0,00	0,00
AB	-76	2,16	0,44	0,32	0,55	1,10	0,79	0,00	0,00	0,00
B1	-81	2,42	0,65	0,70	0,68	1,24	1,10	0,00	0,00	0,00
B1	-86	2,44	0,81	0,51	0,70	1,32	1,29	0,00	0,00	0,00
B1	-91	2,58	0,77	0,51	0,70	1,24	1,10	0,00	0,00	0,00
B1	-100	2,52	0,56	0,40	0,67	1,07	0,96	0,01	0,00	0,00
B2	-110	2,36	0,26	0,33	0,51	0,80	0,48	0,01	0,00	0,00
B2	-120	2,34	0,27	0,13	0,52	0,79	0,57	0,00	0,00	0,00
B2	-142	2,31	0,12	0,16	0,43	0,68	0,41	0,00	0,00	0,00
B3	-160	2,78	0,16	0,10	-	-	0,31	0,00	0,00	0,00
BC	-185	2,58	0,16	0,08	-	-	0,31	0,00	0,00	0,00
Cr	-190 <sup>+</sup>	0,86	0,05	0,00	-	-	0,23	-	0,00	0,00
<b>P2</b>										
Ap	0-12	3,06	0,25	0,05	0,39	0,25	0,15	0,07	0,03	0,00
A2	-26	3,06	0,31	0,05	0,39	0,26	0,16	0,07	0,04	0,00
A3	-40	3,24	0,31	0,12	0,53	0,34	0,38	0,05	0,02	0,00
Bt1	-60	3,73	0,38	0,17	0,74	0,44	0,35	0,06	0,02	0,00
Bt2	-78	3,94	0,22	0,06	0,71	0,42	0,21	0,05	0,02	0,00
BC1	-118	3,73	0,10	0,00	0,50	0,36	0,23	0,03	0,01	0,00
BC2	-150	3,54	0,08	0,00	0,35	0,31	0,15	0,04	0,01	0,00
BCr	-160	3,75	0,07	0,00	0,38	0,27	0,17	0,05	0,01	0,00
Cr	-180 <sup>+</sup>	2,58	0,10	0,00	-	-	-	0,03	0,00	0,00

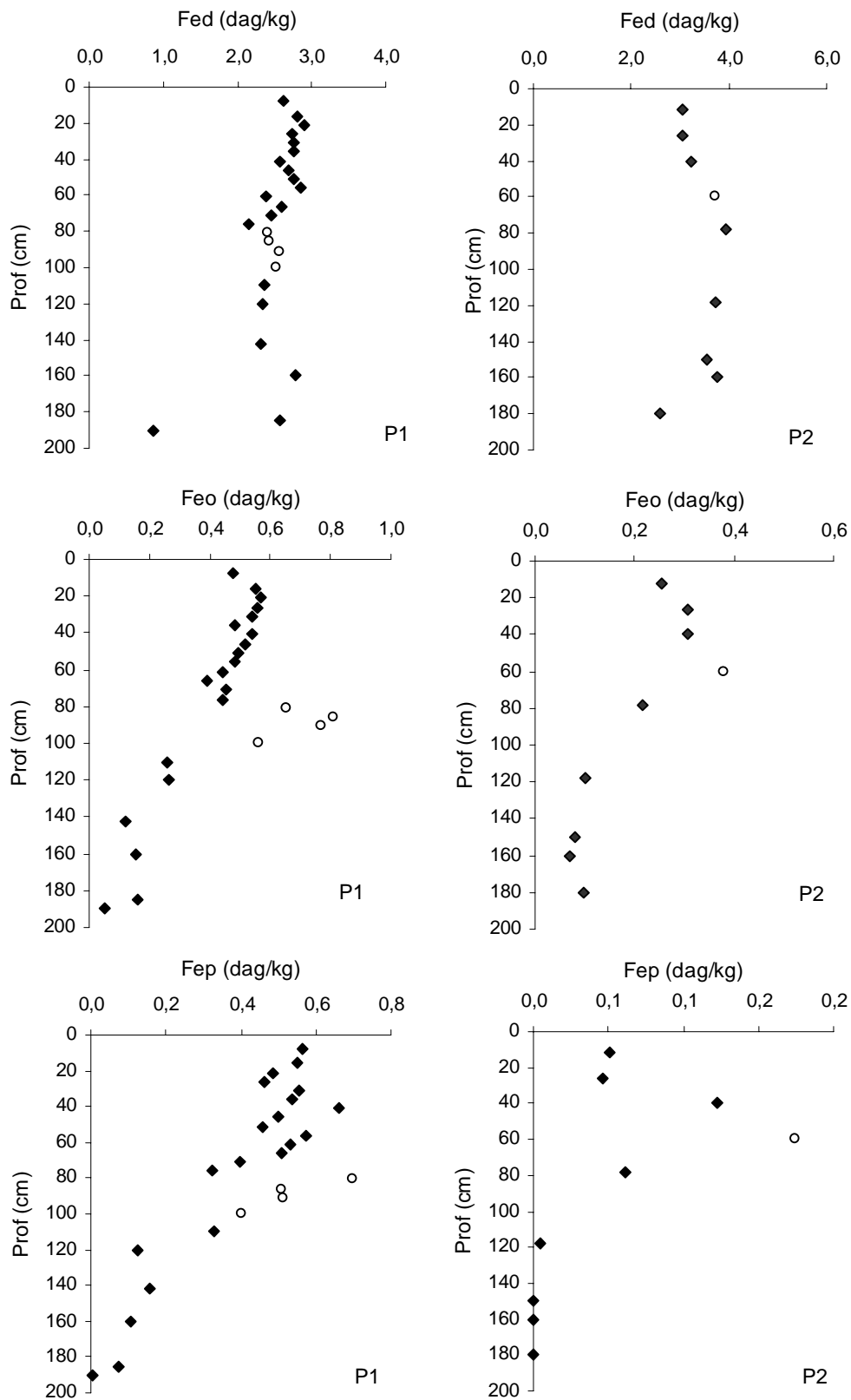


Figura 4 - Teores de Fed, Feo e Fep em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

Quadro 5- Relações derivadas dos teores de ferro, alumínio, carbono total e suas frações em amostras de diferentes profundidades e horizontes dos perfis estudados <sup>(1)</sup>

Hor.	Prof. (cm)	Alp/Ald	Alo/Ald	Alo/Alp	Fep/Fed	Fep/Feo	Feo/Fed	Feo/Fep	Alp/Fep	Alo/Feo	COT/ (Fep+Alp)	COT/ Fep	COT/ Alp
<b>P2</b>													
Ap	0-8	1,15	1,34	1,16	0,22	1,18	0,18	0,85	1,94	2,66	9,4	27,62	14,21
Ap	-16	1,43	1,32	0,92	0,20	0,99	0,20	1,01	2,62	2,40	6,3	22,73	8,68
Ap	-21	1,53	1,53	1,00	0,17	0,86	0,20	1,17	3,26	2,78	4,5	19,15	5,87
A2	-26	1,55	1,56	1,01	0,17	0,83	0,20	1,21	3,54	2,95	4,9	22,11	6,24
A2	-31	1,93	1,77	0,92	0,20	1,03	0,20	0,97	3,26	3,09	3,7	15,70	4,82
A2	-36	1,48	1,57	1,06	0,19	1,11	0,18	0,90	3,49	4,09	3,2	14,57	4,17
A2	-41	1,40	1,51	1,08	0,26	1,23	0,21	0,81	2,73	3,63	3,1	11,73	4,29
A2	-46	1,28	1,64	1,28	0,19	0,96	0,19	1,04	3,22	3,96	3,5	14,86	4,61
A2	-51	1,45	1,56	1,08	0,17	0,92	0,18	1,09	3,82	3,80	3,2	15,37	4,02
A2	-56	1,14	1,36	1,19	0,20	1,19	0,17	0,84	2,71	3,83	3,0	11,20	4,14
A2	-61	1,24	1,66	1,34	0,22	1,21	0,19	0,83	3,04	4,90	2,6	10,63	3,50
AB	-66	1,15	1,49	1,29	0,20	1,30	0,15	0,77	2,91	4,89	2,8	10,93	3,76
AB	-71	1,20	1,68	1,40	0,16	0,88	0,18	1,14	3,87	4,78	2,7	12,96	3,35
AB	-76	1,45	2,02	1,39	0,15	0,73	0,21	1,37	5,10	5,14	2,9	17,63	3,46
B1	-81	1,61	1,82	1,13	0,29	1,07	0,27	0,94	3,25	3,93	1,8	7,77	2,39
B1	-86	1,85	1,89	1,02	0,21	0,63	0,33	1,59	5,25	3,38	2,3	14,49	2,76
B1	-91	1,57	1,76	1,12	0,20	0,66	0,30	1,50	4,43	3,31	2,5	13,67	3,09
B1	-100	1,43	1,60	1,12	0,16	0,71	0,22	1,40	4,93	3,93	2,6	15,15	3,08
B2	-110	0,95	1,58	1,67	0,14	1,27	0,11	0,79	3,00	6,33	3,1	12,29	4,10
B2	-120	1,09	1,50	1,37	0,05	0,47	0,11	2,12	9,40	6,10	3,0	30,69	3,26
B2	-142	0,96	1,58	1,64	0,07	1,29	0,05	0,77	5,35	11,39	2,8	17,79	3,32
B3	-160	-	-	-	0,04	0,67	0,06	1,49	6,21	-	3,8	27,62	4,45
BC	-185	-	-	-	0,03	0,46	0,06	2,15	8,54	-	3,2	30,99	3,63
Cr	-190 <sup>+</sup>	-	-	-	0,00	0,05	0,06	-	-	-	2,7	-	2,76
<b>P2</b>													
Ap	0-12	0,37	0,63	1,68	0,02	0,20	0,08	4,94	5,88	2,00	26,1	179,54	30,51
A2	-26	0,42	0,66	1,57	0,02	0,15	0,10	6,58	7,25	1,73	21,0	173,14	23,90
A3	-40	0,72	0,64	0,89	0,04	0,40	0,09	2,50	6,39	2,28	9,5	70,01	10,95
Bt1	-60	0,48	0,60	1,26	0,05	0,46	0,10	2,19	4,18	2,40	9,7	50,20	12,01
Bt2	-78	0,29	0,59	2,02	0,02	0,29	0,05	3,51	7,04	4,05	8,1	65,26	9,27
BC1	-118	0,47	0,71	1,52	0,00	0,04	0,03	-	-	7,31	4,8	562,52	4,81
BC2	-150	0,44	0,89	2,01	0,00	0,00	0,02	-	-	8,10	4,5	-	4,54
BCr	-160	0,45	0,71	1,57	0,00	0,00	0,02	-	-	7,78	2,0	-	1,99
Cr	-180 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) Relações envolvendo elementos químicos diferentes foram calculadas na sua forma molar.

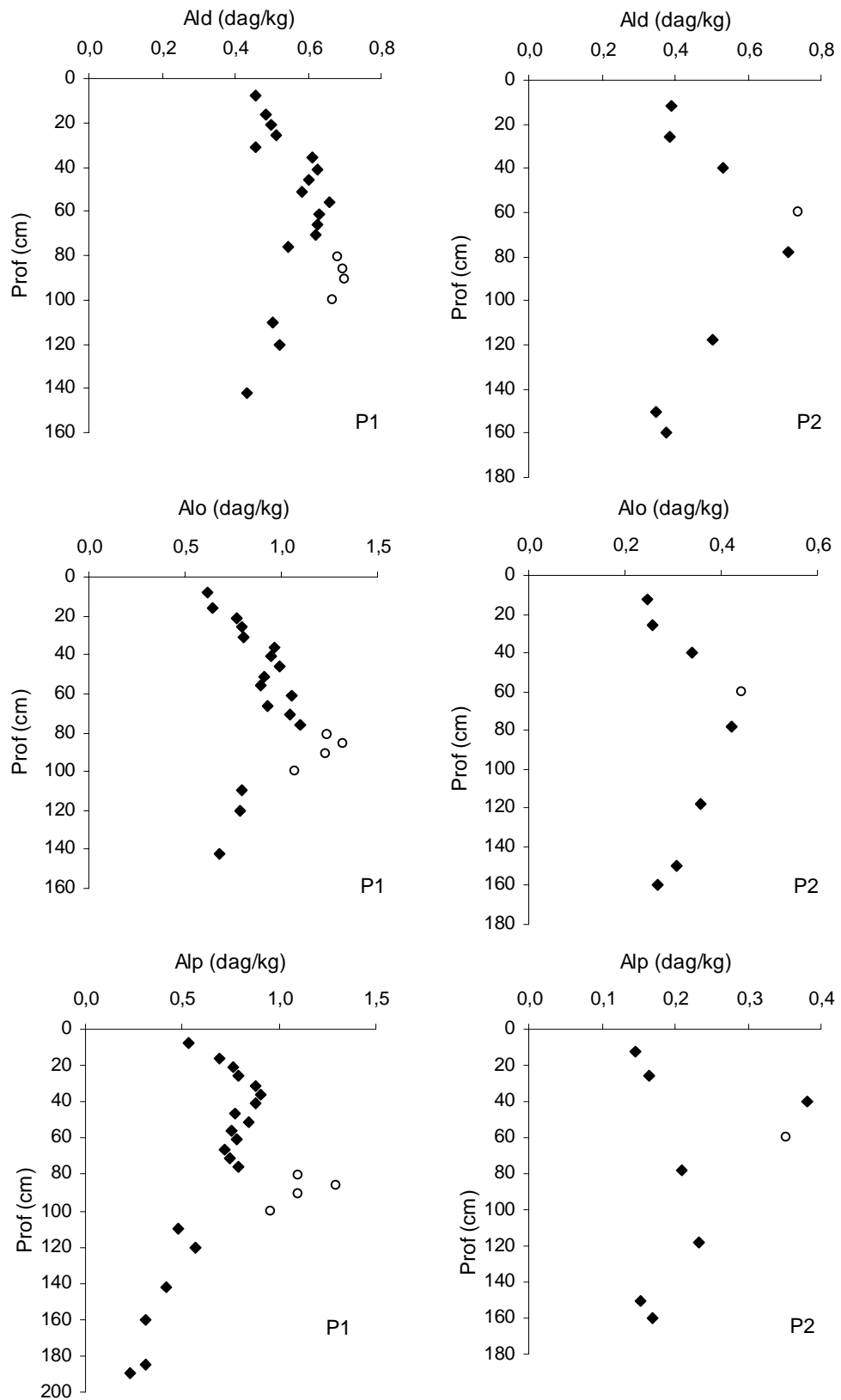


Figura 5 - Teores de Ald, Alo e Alp em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

Embora não possa fazer muitas afirmações sobre a relação  $A_{lo}/A_{ld}$ , pelo fato deste elemento não ser afetado por agentes redutores (MOKMA e BUURMANN, 1982; JUO et al., 1979), vale destacar que esta relação é maior que a unidade no P1 e maior que 0,5 no P2 (Quadro 5); e pode estar relacionado à dissolução de aluminossilicatos de pior cristalinidade ou mesmo algumas formas de alumínio ligadas à matéria orgânica (McKEAGUE e DAY, 1966; BOGGAARD, 1988).

Os teores de manganês obtidos pelos três extratores foram muito baixos ou nulos em ambos os perfis, descartando uma possível contribuição deste elemento na cor escura do horizonte B desses solos.

#### **4.3. Substâncias húmicas e suas relações com alumínio e ferro extraídos pelo oxalato e pirofosfato**

Os resultados de carbono total (COT) revelam maior conteúdo de matéria orgânica na camada superficial no P1 do que no P2 (Figura 6), provavelmente em razão das menores temperaturas, maior teor de argila e maior distrofismo no P1. É mais facilmente notável a deposição de COT no horizonte escurecido, particularmente no perfil P1, em que os horizontes foram subdivididos e analisados em camadas mais delgadas.

O somatório dos teores de carbono orgânico, representados em percentagem em relação ao COT, das frações húmica (HU), frações ácidos húmicos (AH) e frações ácidos fúlvicos (AF), indicam recuperação de cerca de 75% do COT (Quadro 3A do Apêndice). De modo geral, os teores de carbono da fração húmica diminuíram em profundidade nos dois solos; os das frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos diminuíram em profundidade, apresentando aumento na camada escurecida em pelo menos uma de suas partes (topo ou central), a partir de onde tendem a decrescer (Figura 7). Apenas a fração AH do P2 aumentou até o horizonte escurecido. O comportamento das substâncias húmicas está indicando a efetividade da podzolização nesses solos, o escurecimento e a migração de alumínio e ferro com as substâncias húmicas

apontam para formação de horizonte espódico, particularmente no P1, onde não se constatou cerosidade.

A fração AH foi sempre maior do que a fração AF, tendo sua maior expressão nas camadas escurecidas conforme evidenciado pela relação AH/AF (Figura 8). Apenas nos três últimos horizontes do P2 essa relação se inverte,

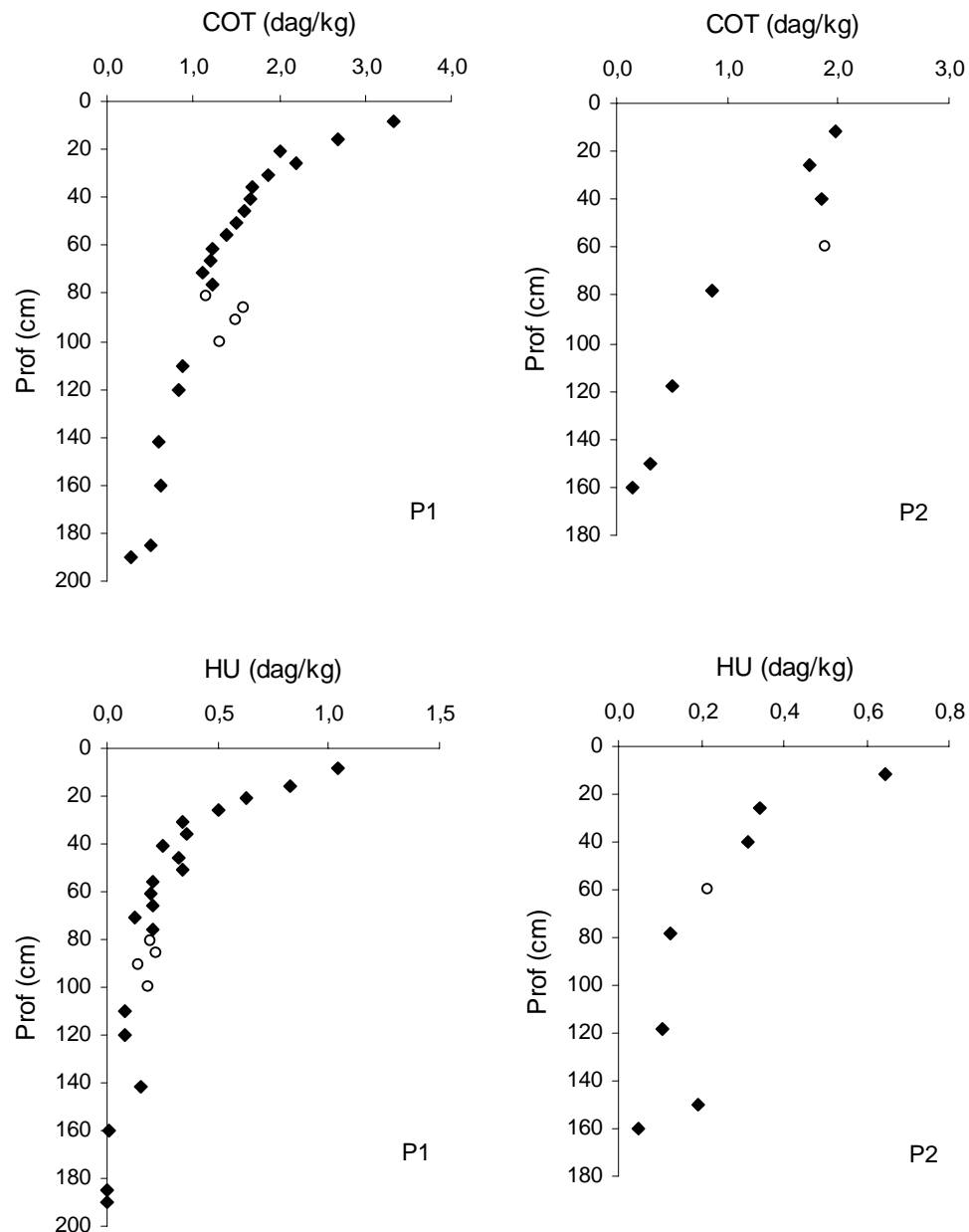


Figura 6 - Teores de carbono orgânico total (COT) e humina (HU) em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

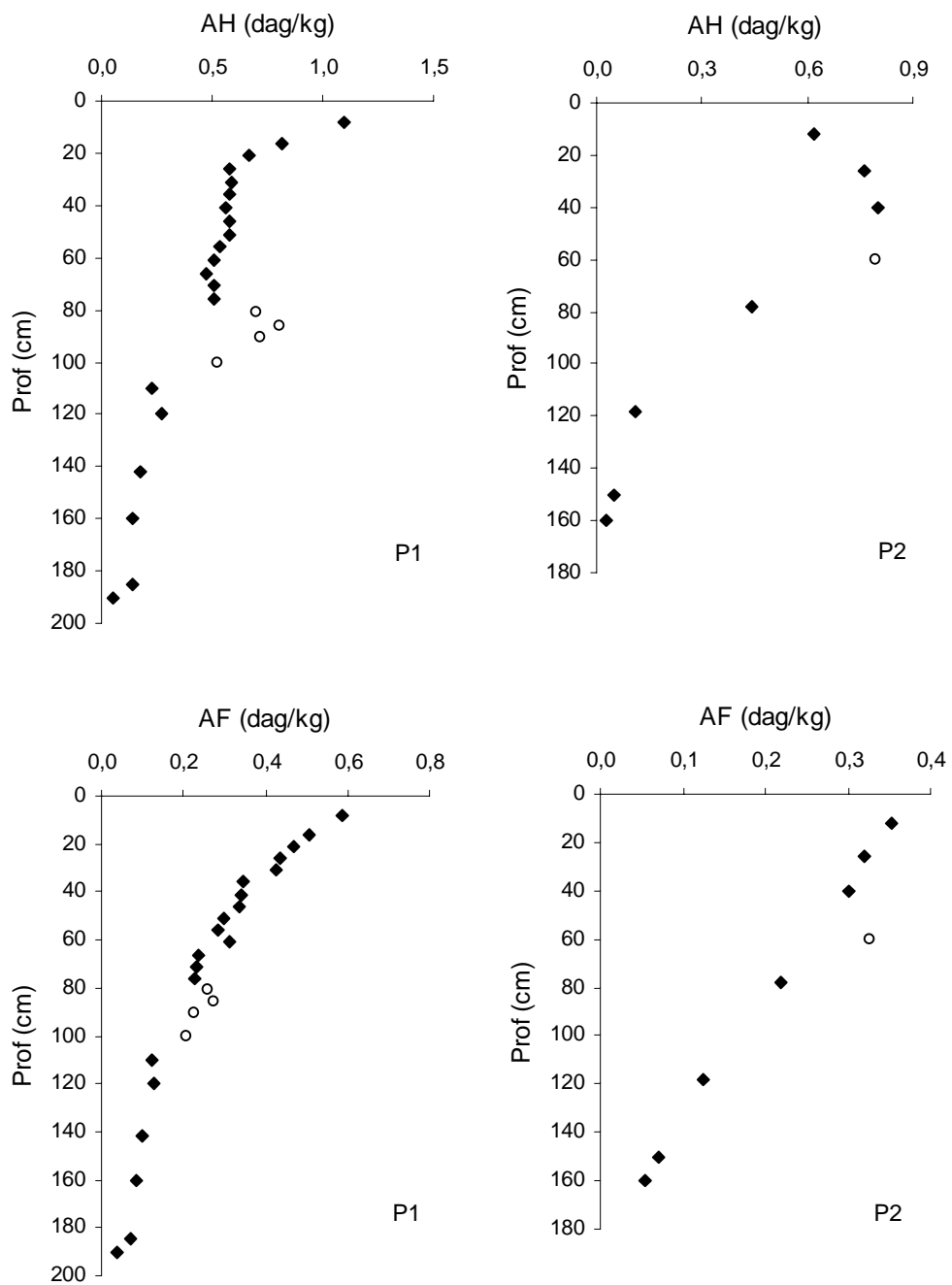


Figura 7 - Teores de ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF) em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

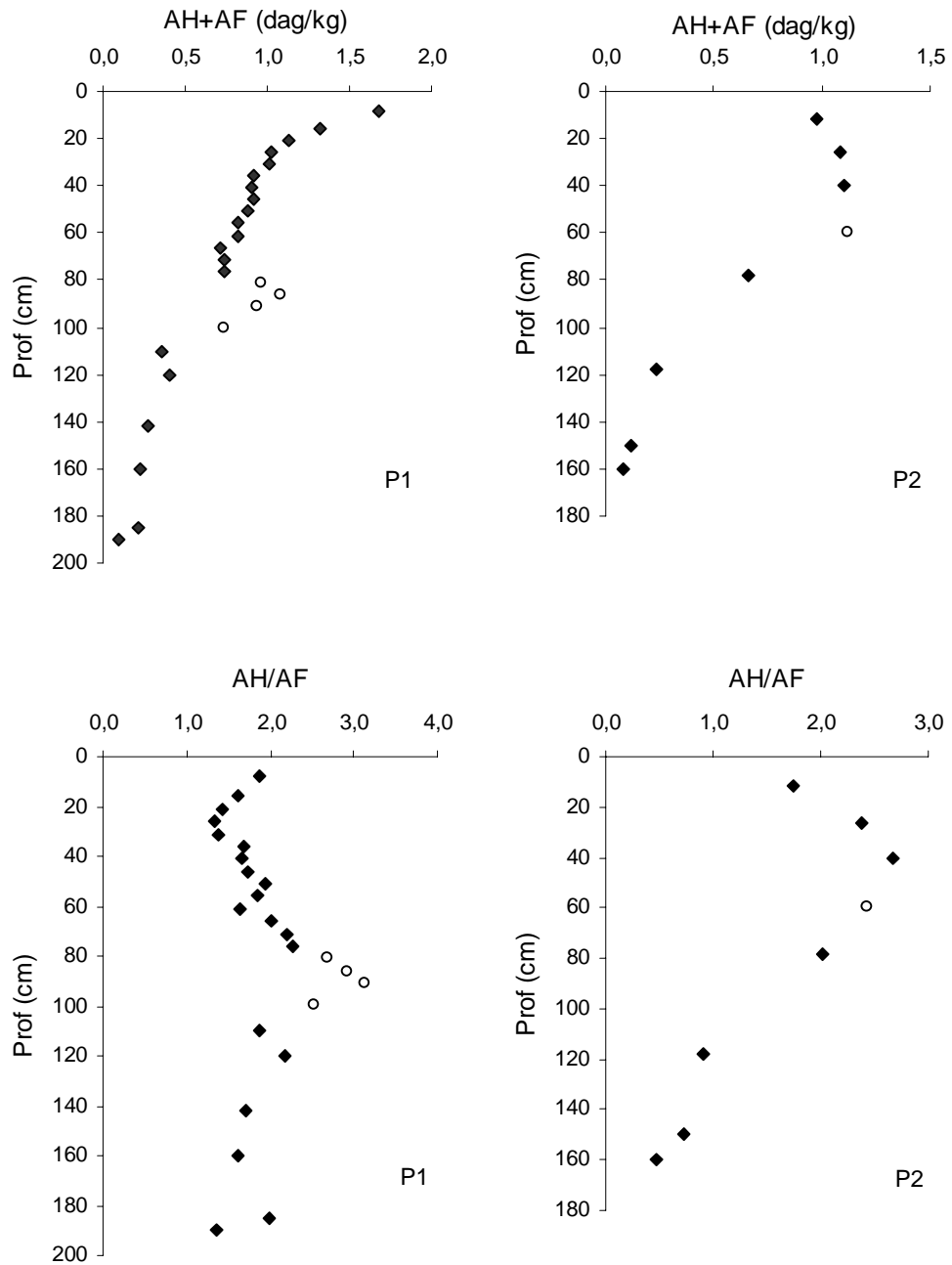


Figura 8 - Teores de AH+AF e relação AH/AF em profundidade nos dois perfis (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

em que seus valores já são diminutos. Esperava-se decréscimo da relação AH/AF em profundidade, em razão do menor grau de polimerização da fração AF em relação à fração AH, o que deveria acarretar maior mobilidade da fração AF no solo e, portanto, maior concentração em profundidade. O alto teor de argila, formando complexos argilo-húmicos resistentes à biodegradação, juntamente com o distrofismo do solo, desfavorecem a humificação. Desse modo, as substâncias húmicas presentes nos solos estudados podem estar num estágio de polimerização não muito avançado, sendo maior a possibilidade de translocação e acúmulo no horizonte B. Por outro lado, o fato de a matéria orgânica, nos horizontes escurecidos, encontrar-se intra-agregado, indica que está protegida e que sua translocação e deposição não foram recentes.

Ressalta-se, entretanto, que resultados de relação AH/AF maiores que a unidade e crescentes em profundidade são comuns em Espodosolos arenosos (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998), mas, em solos argilosos e com feições espódicas, talvez seja uma das primeiras referências no Brasil. Esta constatação parece apontar para a necessidade de reconhecer Espodosolos argilosos no país, conforme já assinalado em EMBRAPA (1980a, página 24).

As relações (AH+AF)/HU e (AH+AF)/COT são altas e crescentes em profundidade com maiores valores no topo do horizonte B, para, em seguida, diminuírem, evidenciando-se o fenômeno de translocação das porções húmicas menos polimerizadas ao longo do perfil até o horizonte B, onde ocorre sua acumulação (Figura 9). No P2, essa evidência é observada na camada contígua após a escurecida. Segundo DeCONINK (1980), altas quantidades de substâncias húmicas em profundidade, em especial fração AF, indicam migração proveniente de estratos superiores de substâncias que formam ligações estáveis, principalmente com cátions trivalentes como  $Al^{3+}$  e  $Fe^{3+}$ , formando, assim, complexos organometálicos.

O aumento dos teores de ferro e alumínio extraídos pelo oxalato e pirofosfato (Quadro 4), coincidindo com o aumento das frações AH e AF, com maior evidência no P1, indicam a ocorrência de migração de complexos

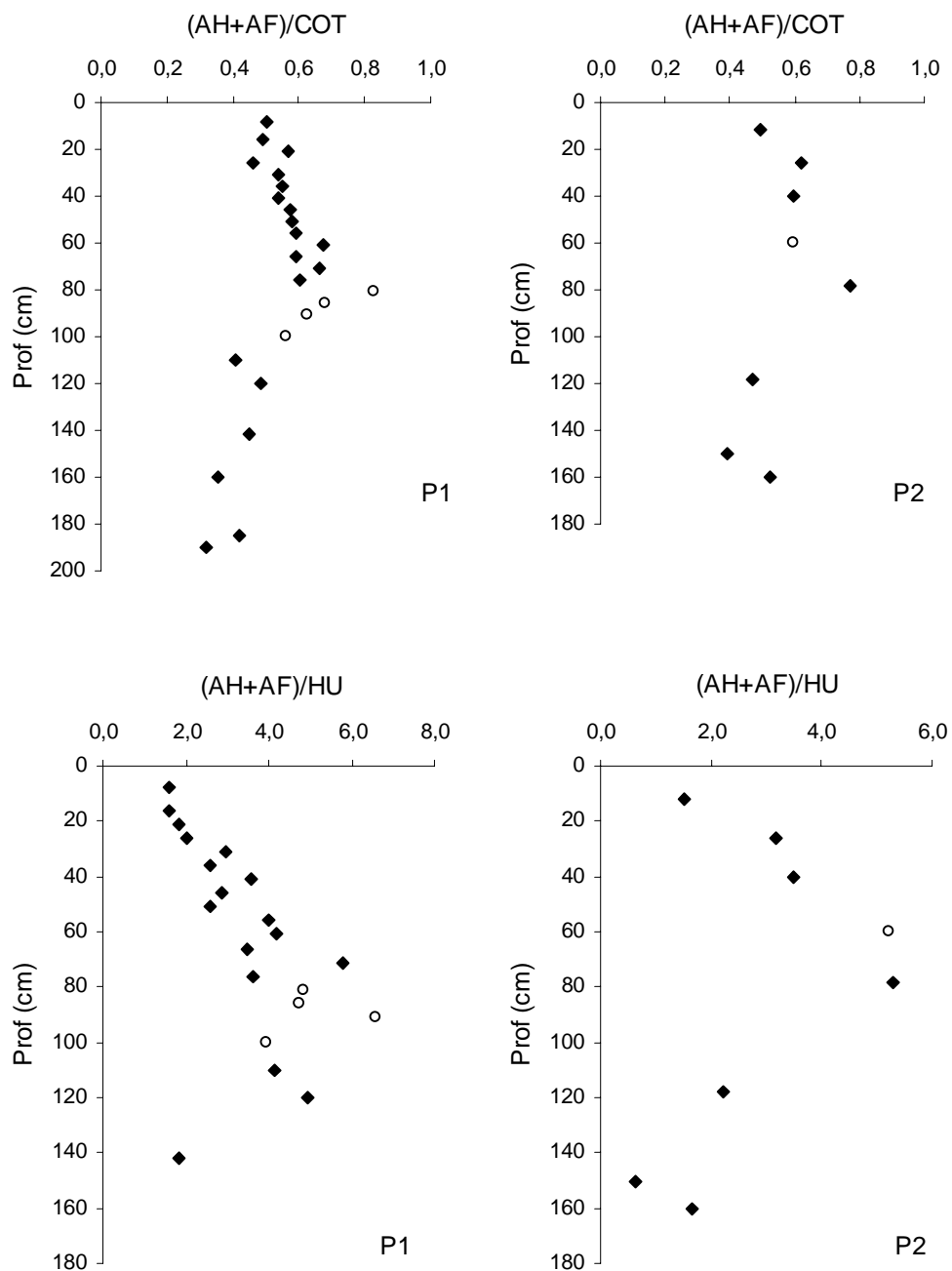


Figura 9 – Valores das relações (AH+AF)/COT e (AH+AF)/HU em profundidade nos dois perfis (o símbolo ‘o’ refere-se ao horizonte escurecido).

orgânicos com alumínio e ferro e sua deposição no horizonte B, confirmando a podzolização.

Individualmente, no P1, a fração AH apresentou relação significativa (1% de probabilidade) com os teores de Feo ( $R^2=0,862$ ) e de Fep ( $R^2=0,823$ ). Para os teores de alumínio, constatou-se significância (1% de probabilidade) apenas entre AH e Alp ( $R^2=0,762$ ) (Figura 10). A fração AF, por sua vez, correlacionou-se, significativamente, a 1% de probabilidade com os teores de Fep ( $R^2=0,825$ ), Feo ( $R^2=0,697$ ), Alp ( $R^2=0,723$ ) e também com Alo ( $R^2=0,678$ , Quadro 4A do Apêndice). No P2, as frações AH e AF relacionaram-se melhor com Feo ( $R^2= 0,962$  e  $0,870$ , respectivamente) (Figura 11).

Os valores baixos das relações Fep/Fed e os valores Feo/Fep maiores do que 1 (um) (Quadro 5) indicam que há predomínio das formas inorgânicas de ferro em relação ao complexo Fe-húmus, com maior evidência no P2.

Os valores da relação molar COT/metais (COT/Fep+Alp) foram mais elevados no P2 (variando de 26,1 no horizonte Ap a 9,7 no horizonte escurecido) que no P1 (6,7 a 2,3 nestes mesmos horizontes) (Quadro 5). Vários autores (McKEAGUE et al., 1971; MOKMA e BUURMAN, 1982; SCHNITZER, 1969 e DeCONINK, 1980) apontam que à medida que as concentrações do íon metálico aumentam, verifica-se a insolubilização dos complexos organo-metálicos com conseqüente acúmulo no horizonte B espódico. Os valores da relação carbono/metal, em que se verifica a precipitação, variam entre solos. Assim, em experimentos de laboratório, McKEAGUE et al. (1971) encontraram taxas de relação carbono/ferro igual a 5 e carbono/alumínio um pouco mais elevada. PETERSEN (1976), em extrato de solos a pH 4,8, verificou precipitação de 50%, a taxas de relação molar de carbono/alumínio 17 e carbono/ferro 12, quando adicionava doses crescentes desses íons trivalentes. A baixa relação carbono/metal no horizonte escurecido do P1 indica que há íons metálicos sobrando em relação ao carbono. HIGASHI et al. (1981) evidenciaram que em relações carbono/metal menores que 8,33, a matéria orgânica não estaria apta a se ligar a íons metálicos,

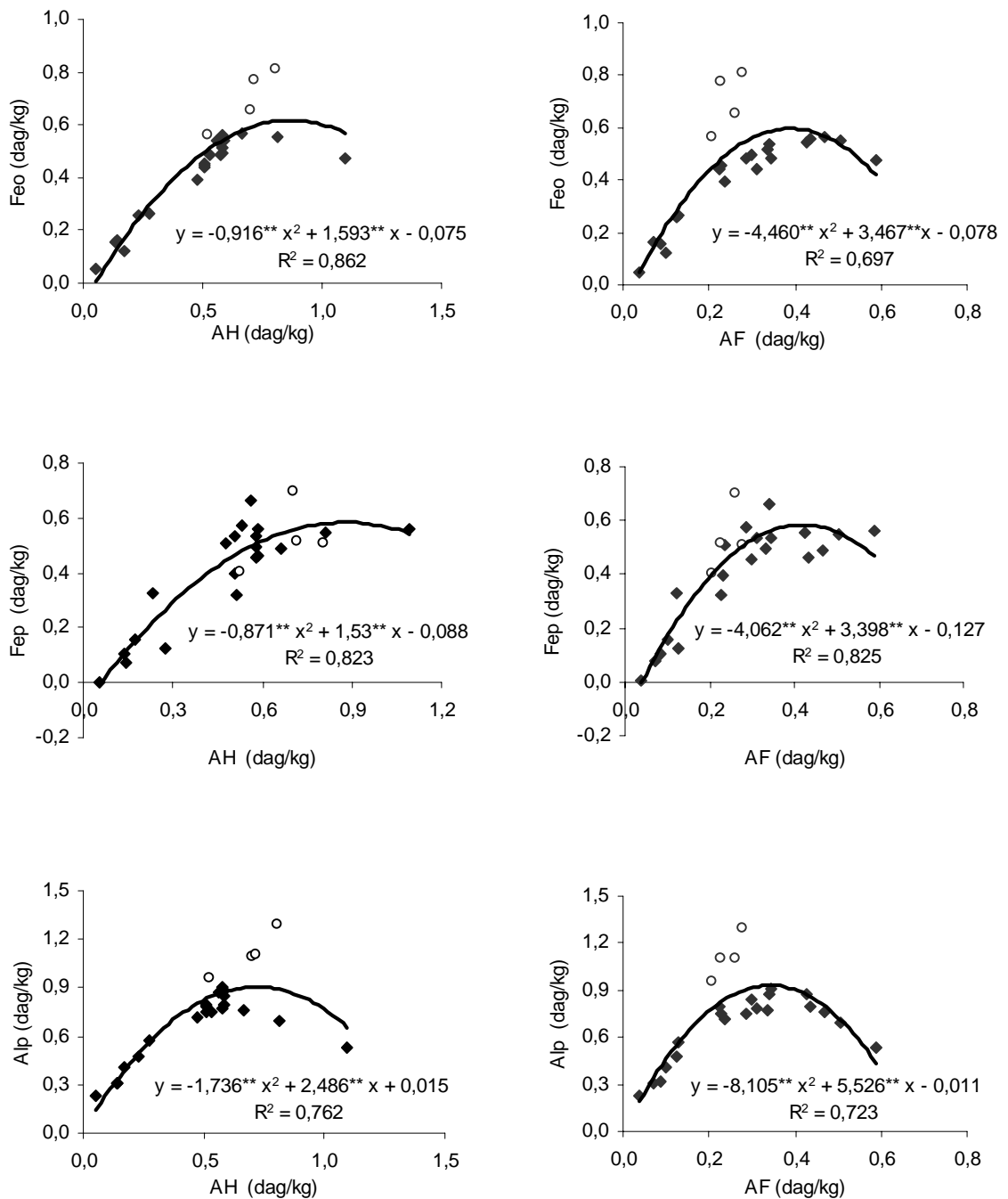


Figura 10 – Relação entre teores de Feo, Fep e Alp e das frações AH e AF para o P1 (o símbolo ‘o’ refere-se ao horizonte escurecido).

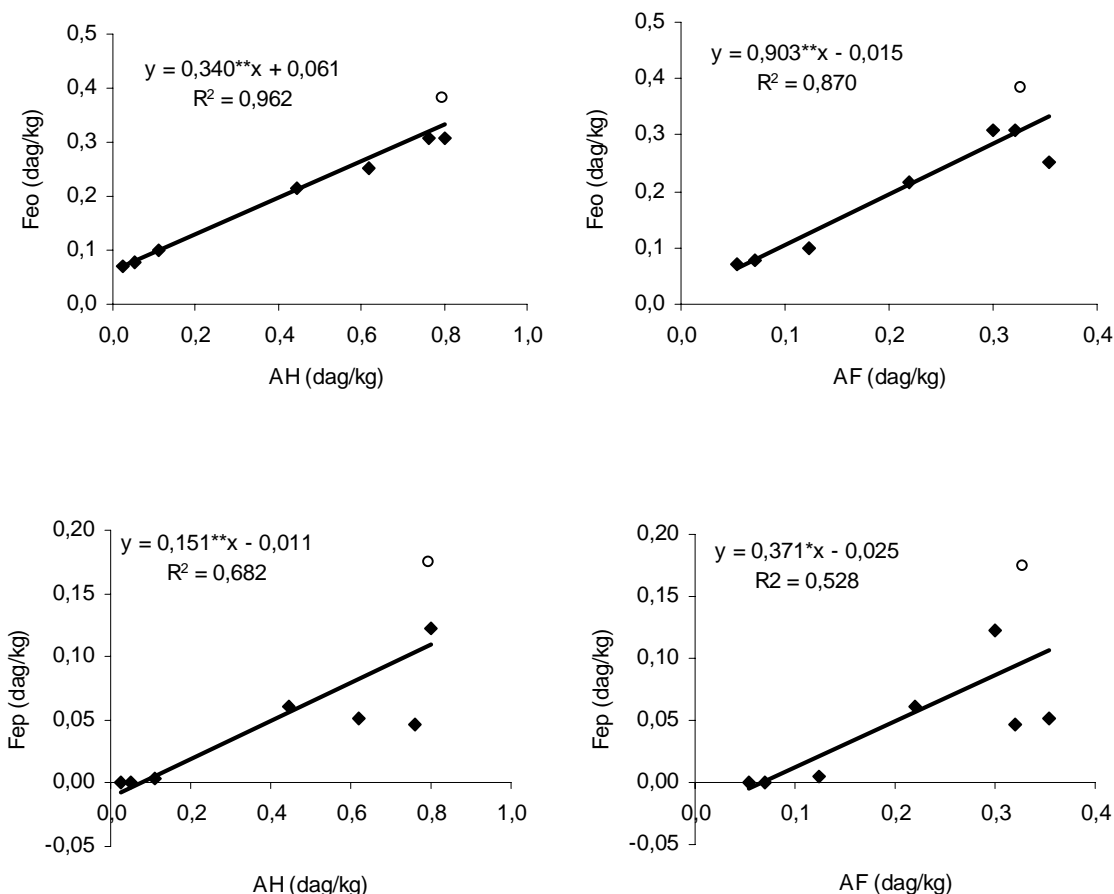


Figura 11 - Relação entre teores de Feo e Fep e das frações AH e AF para o P2 (o símbolo 'o' refere-se ao horizonte escurecido).

enquanto MOKMA e BUURMAN (1982) propõem um valor 6 para que ocorra a precipitação. A relação COT/Alp mostra que o alumínio é o maior responsável por esse abaixamento.

SCHNITZER (1969) e DeCONINK (1980) indicam uma possível ação microbiana nessas camadas de acúmulo, onde o ferro e o alumínio liberados poderiam ligar-se a compostos orgânicos remanescentes, diminuindo, assim, a relação carbono/metálico e induzindo a precipitação. Boudot et al. (1989), citados por LUNDSTRÖM et al. (2000a), constataram que, para baixa relação carbono/metálico, a biodegradabilidade de certos ácidos orgânicos de baixo peso molecular complexados com ferro e alumínio foi maior. ANDERSON et al. (1982) sugerem que a formação do Bh é devido à precipitação dos colóides orgânicos de carga negativa no topo do horizonte B.

Segundo LUNDSTRÖM et al. (2000b), as substâncias húmicas seriam transportadas para camadas mais profundas por meio da complexação do ferro e do alumínio com ácidos exsudados de hifas de microrganismos, as quais formam poros no solo. Similarmente, a vegetação acidófila como as pteridófitas, coníferas e outras produzem exsudatos ácidos, chamados de “flobophenos” (JAMET et al., 1994), que do mesmo modo são responsáveis pela dissolução dos minerais e complexação do ferro e do alumínio. Ácidos orgânicos de baixo peso molecular produzidos por microrganismos e por vegetação específica formam os complexos mais fortes com ferro e alumínio e geralmente estão envolvidos e contribuem mais no processo de podzolização (VAN HEES et al., 2000; LUNDSTRÖM et al., 2000b). Duas propriedades são importantes nessas substâncias para o processo de podzolização: o número de grupamentos funcionais por unidade de massa de carbono e sua habilidade de complexação; o que pode ser confirmado pela presença de coníferas nessas áreas, ainda que esparsas.

KLEIN (1960) aponta os Patamares do Alto Rio Itajaí, onde foi coletado o P1, como área de recuo de florestas de coníferas. Cabe ressaltar que esses solos com horizonte B escurecido não formam áreas contínuas, portanto o efeito da vegetação pode ser localizado, ou ocorrido degradação das substâncias húmicas desses horizontes, como indica o estudo micromorfológico desse perfil (vide micromorfologia). Por serem de textura argilosa e moderadamente drenado, não se acredita que esteja ocorrendo o processo de “despodzolização”, como sugeriram GOMES (1995) e MOURA FILHO (1998), em Espodossolos de textura leve, onde esses complexos organometálicos poderiam ser carregados pelas águas de drenagem.

Quando a relação  $Al_o/Al_p$  é maior que 1 (um), significa que dentro dos amorfos de alumínio há predomínio dos inorgânicos sobre o complexo Al-húmus para os dois solos (Quadro 5). CHILDS et al. (1983), estudando solos da Nova Zelândia, concluíram que, além da movimentação principal do ferro e do alumínio complexados organicamente, deve também haver migração de

formas inorgânicas, simultaneamente ou em seqüência, dependendo da natureza do solo e seu desenvolvimento e de eventos climáticos.

A baixa complexação de ferro e alumínio com as substâncias húmicas pode estar subordinada à pobreza do ambiente, fazendo com que a atividade microbiana seja baixa, acarretando a formação de substâncias húmicas herdadas com baixa densidade de grupamentos funcionais e alto grau de aromaticidade. Pode estar ocorrendo, também, grande interação das substâncias húmicas-argilas, bloqueando grande parte dos sítios de adsorção das substâncias húmicas ou como mostra o estudo micromorfológico que parte da matéria orgânica está intra-agregado, sendo capeada por material goethítico, posteriormente. Contudo, vale ressaltar que mesmo não sendo as formas dominantes, o Al-húmus aumenta nas camadas escurecidas do P1, sendo que no P2 ocorre aumento tanto do Al-húmus como do Fe-húmus (Quadro 4).

Os valores da relação  $Al_o/Fe_o$  indicam haver domínio de amorfos de alumínio sobre amorfos de ferro, como também domínio de Al-húmus sobre o complexo Fe-húmus, conforme mostra relação  $Al_p/Fep$ , para os dois perfis, sendo que no P2 o Fe-húmus teve seu maior valor relativo (Quadro 5).

#### **4.4. Características mineralógicas da fração argila**

##### **4.4.1. Perfil 1 (P1)**

A illita com picos próximos a 0,98, 0,49 e 0,34 nm parece o principal argilomineral da fração argila deste solo (Figura 12). É marcante a presença de interestratificado mica-vermiculita, pela ombreira ascendente com picos entre 1,0 nm e 1,4 nm, este último bem expresso no tratamento com magnésio (Figura 13) e, provavelmente, relacionado à vermiculita com hidroxí entrecamadas, além de quartzo (0,34 e 0,43 nm). Esta composição mineralógica mais ou menos homogênea em toda extensão do perfil indica que a intemperização deste solo não foi muito acentuada.

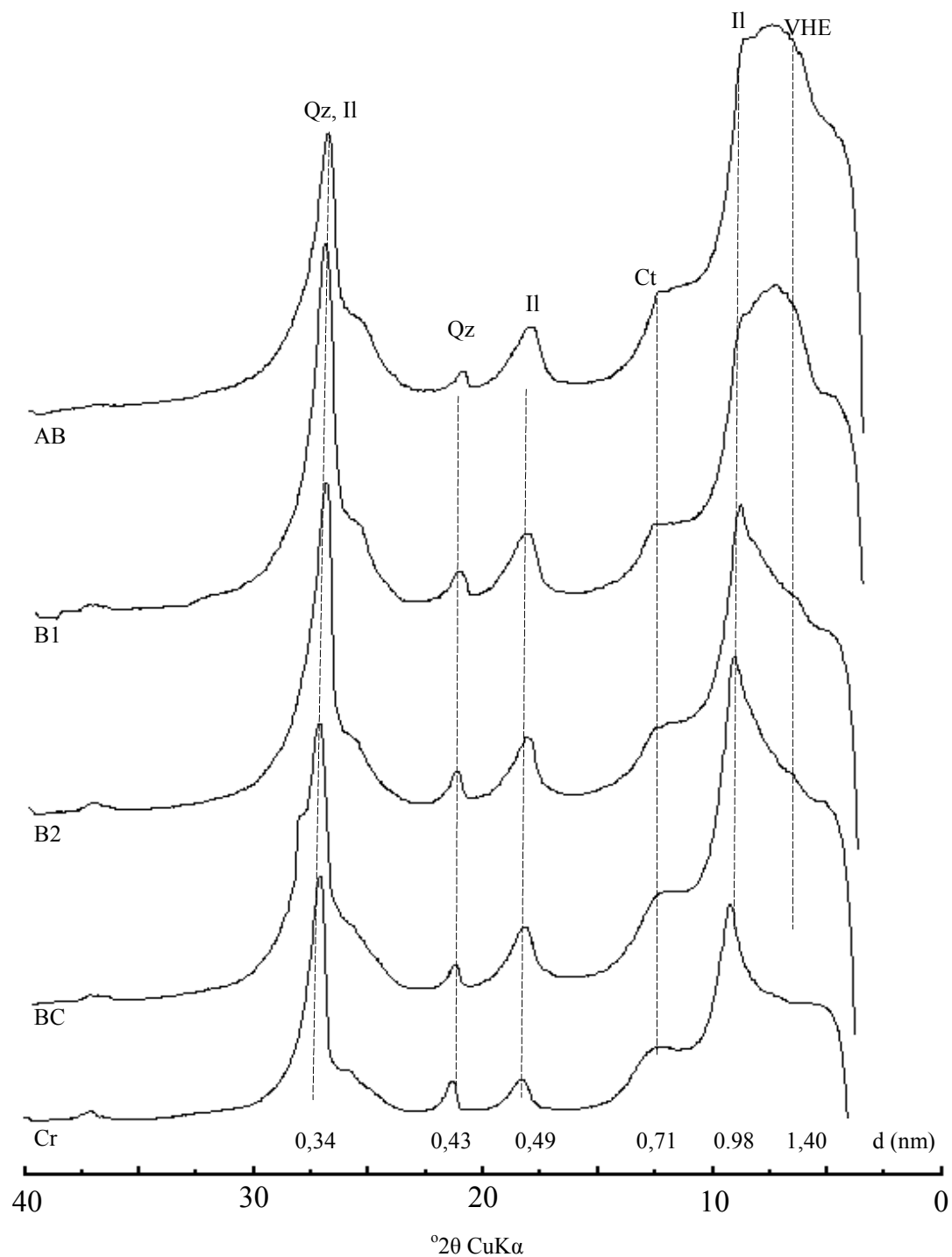


Figura 12 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada de horizontes seleccionados do solo P1. Ct – caulinita; II- Ilita; Qz – quartzo; VHE – vermiculita com hidróxi entrecamadas.

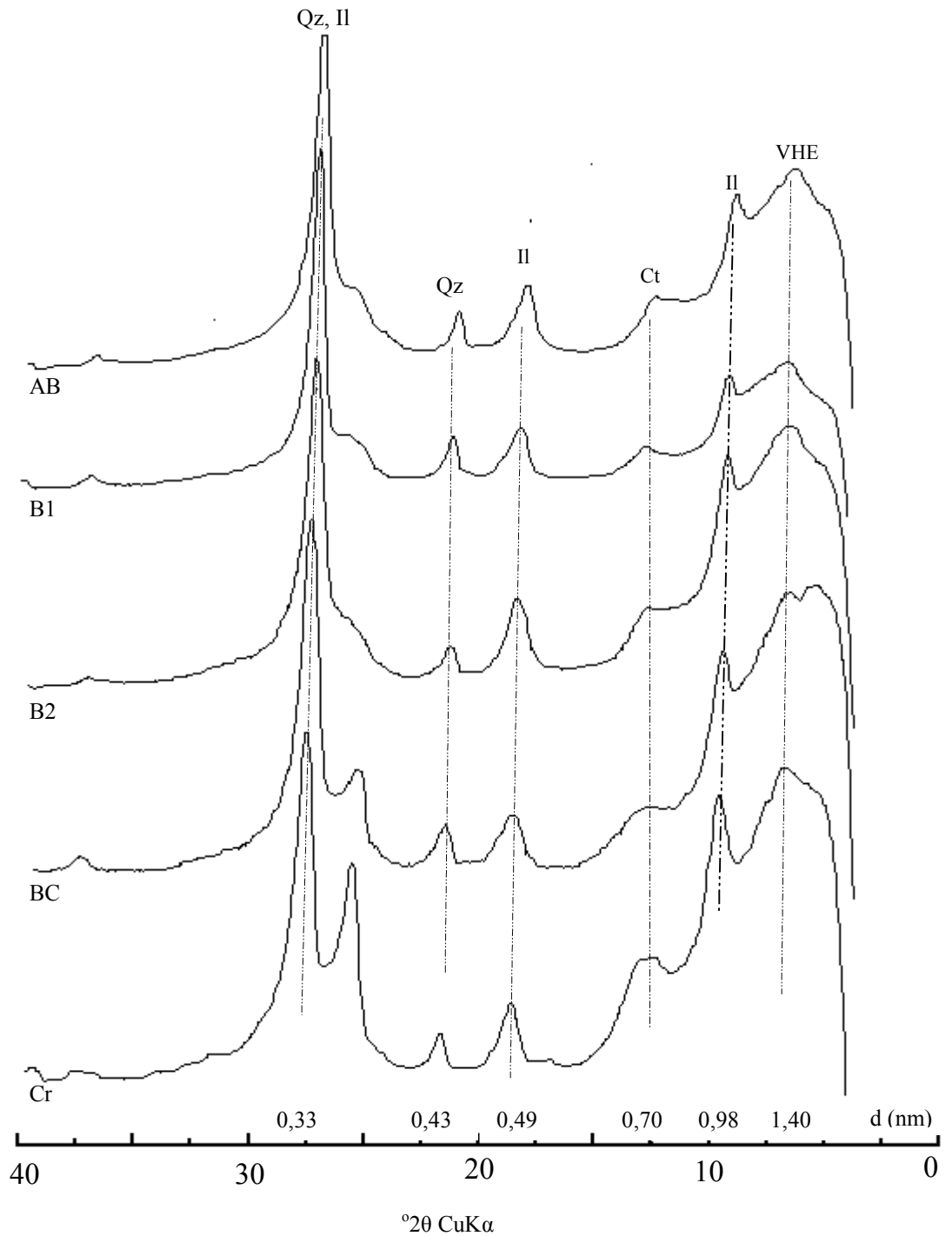


Figura 13 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada saturada com magnésio de horizontes selecionados do solo P1. Ct – caulinita; II – Ilita; Qz – quartzo; VHE – vermiculita com hidróxi entrecamadas.

A marcante ombreira que vai do pico da mica em direção a ângulos 2 $\theta$  menores sugere maior concentração da vermiculita nos horizontes superficiais. A partir do horizonte B1 a ombreira tende a desaparecer (Figura 12), mas os picos do interestratificado ficam bem expressos no tratamento com magnésio (Figura 13). A tendência do incremento de vermiculita com hidróxi entrecamadas (VHE) em direção aos horizontes superficiais parece estar correlacionada com a maior estabilidade termodinâmica desse mineral em relação a caulinita, na superfície do solo, conforme já mencionado por CARLISLE e ZELASNY (1973).

A origem da VHE nesse solo parece obedecer à seqüência proposta por BARNHISEL e BERTSCH (1989): mica  $\rightarrow$  illita  $\rightarrow$  vermiculita  $\rightarrow$  vermiculita com hidróxi, que, segundo os mesmos autores, é favorecida pelas condições ácidas do meio além da drenagem relativamente livre do sistema (moderada, prevalecendo condições oxidantes em relevo mais movimentado).

O tratamento com magnésio e magnésio com glicerol sem expansão do pico além de 1,4 nm, deixam mais evidentes os picos da VHE (Figura 13). Com o reforço do pico da mica, o colapso marcante em 1,0 nm, da amostra tratada com potássio, em temperatura ambiente (Figura 14), por sua vez, sugere VHE com poucas ilhas de alumínio entrecamadas (BARNHISEL e BERTSCH, 1989), o que induz a questionar se a complexação matéria orgânica- alumínio (item 4.3) não estaria contribuindo para este pouco preenchimento das camadas de VHE.

O pico de primeira ordem da caulinita (0,72 nm) é muito difuso, o que pode ser devido a uma pequena quantidade desse mineral ou, ainda, mineral de pequeno tamanho, portanto de pior cristalinidade.

A presença de quartzo na fração argila desse solo pode ser atribuída à baixa solubilidade da sílica em meio ácido (KELLER, 1964; DREES et al. 1989).

Quanto aos óxidos de ferro, a goethita é dominante. Registra-se, entretanto, tanto a presença de quartzo como de mica, minerais resistentes ao tratamento com NaOH 5mol/L (Figura 1A do Apêndice).

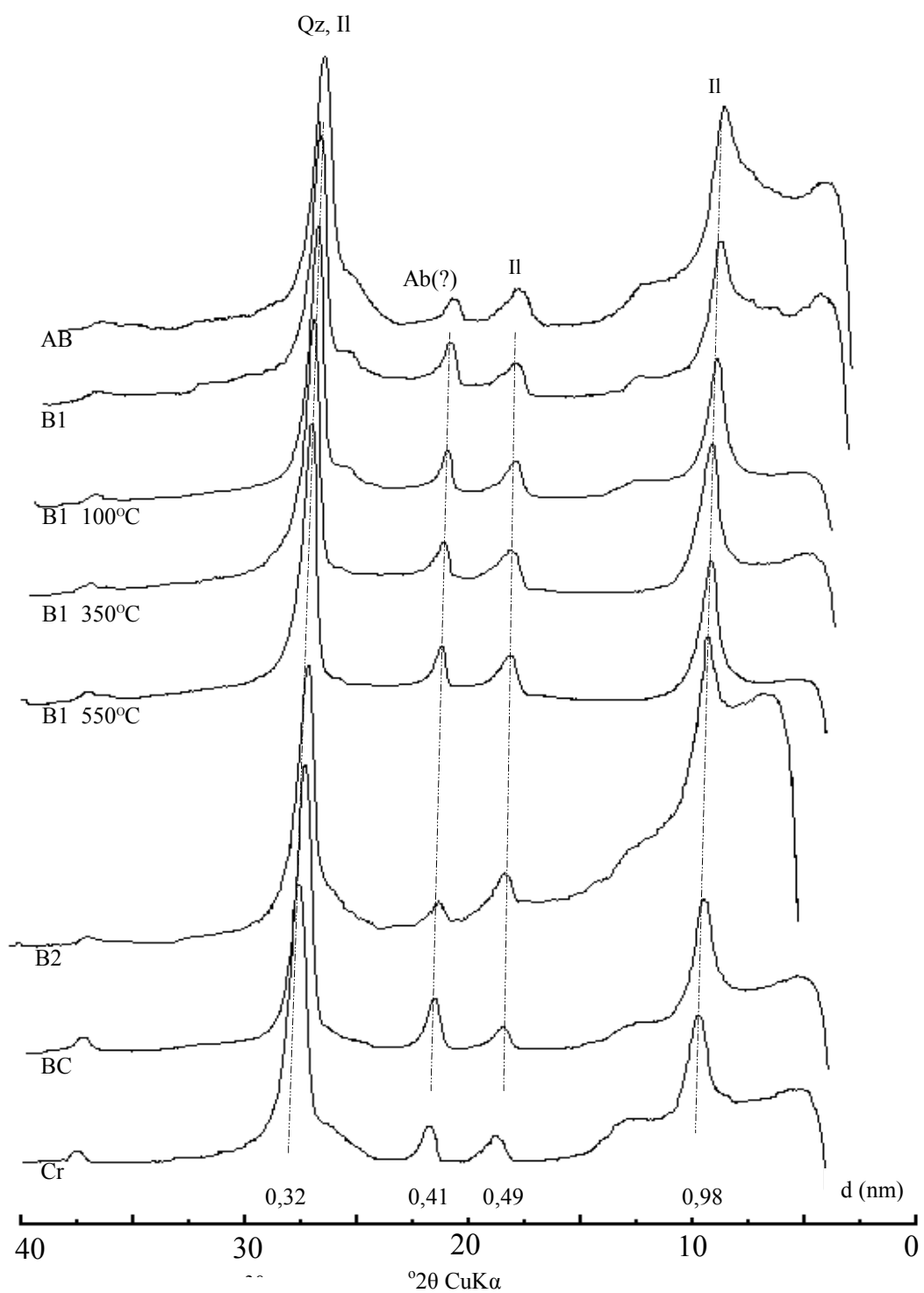


Figura 14 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada saturada com potássio de horizontes selecionados do solo P1. Il – Ilita; Qz – quartzo; Ab(?) - Albite

#### 4.4.2. Perfil 2 (P2)

A caulinita, V/VHE e quartzo são os principais constituintes da fração argila do P2 (Figuras 15 e 16), corroborando trabalhos de outros autores para materiais do mesmo tipo (FASOLO, 1978; PÖTTER e KAMPF, 1981; PALMIERI, 1986; KER e RESENDE, 1990; BOGNOLLA, 1995; ALMEIDA et al., 1992; EMBRAPA, 2000).

O pico próximo a 1,4 nm da V/VHE não mostrou expansão nos tratamentos com magnésio (Figura 16) ou magnésio mais glicerol (não-apresentado), descartando a hipótese do mineral em questão tratar-se de esmectita (DOUGLAS, 1989). Talvez no domínio subtropical de rochas efusivas da Formação Serra Geral, encontram-se solos com maior quantidade de VHE, mineral pedogenético muito resistente em meio ácido (KARATHANASIS et al. 1983). No caso em questão, originados a partir de uma possível remoção de hidroxil entrecamadas da clorita presente no material de origem (HORBACH et al. 1986) e normalmente já vêm com uma diminuição de cargas do mineral (SAWHNEY, 1989).

Amostras saturadas com potássio a várias temperaturas ( Figura 17), por sua vez, revelam tendência de colapso gradativo, porém muito característico a 1,0 nm. Isso indica que o grau de preenchimento entrecamadas de VHE, apesar de expressivo, não é total ou mesmo tratar-se de vermiculita (V) verdadeira (BARNHISEL e BERTSCH, 1989).

É importante destacar o pequeno pico próximo a 1,0 nm, sugerindo a presença de illita, sobretudo nos horizontes mais superficiais (Figura 15). Como na maioria dos casos, a illita é proveniente da mica existente no material de origem (FANNING et al. 1989), dificultando, assim, explicar sua ocorrência na fração argila do P2. Duas hipóteses, entretanto, foram levantadas, objetivando esclarecer (não esgotar ou concluir) o fato: a primeira seria a fixação de K pelo mineral 2:1 – pouco provável pela pobreza da rocha quanto a este elemento (HORBACH et al., 1986); e a segunda, talvez mais provável, a fitociclagem de potássio; daí a maior expressão do pico 1,0 nm nos

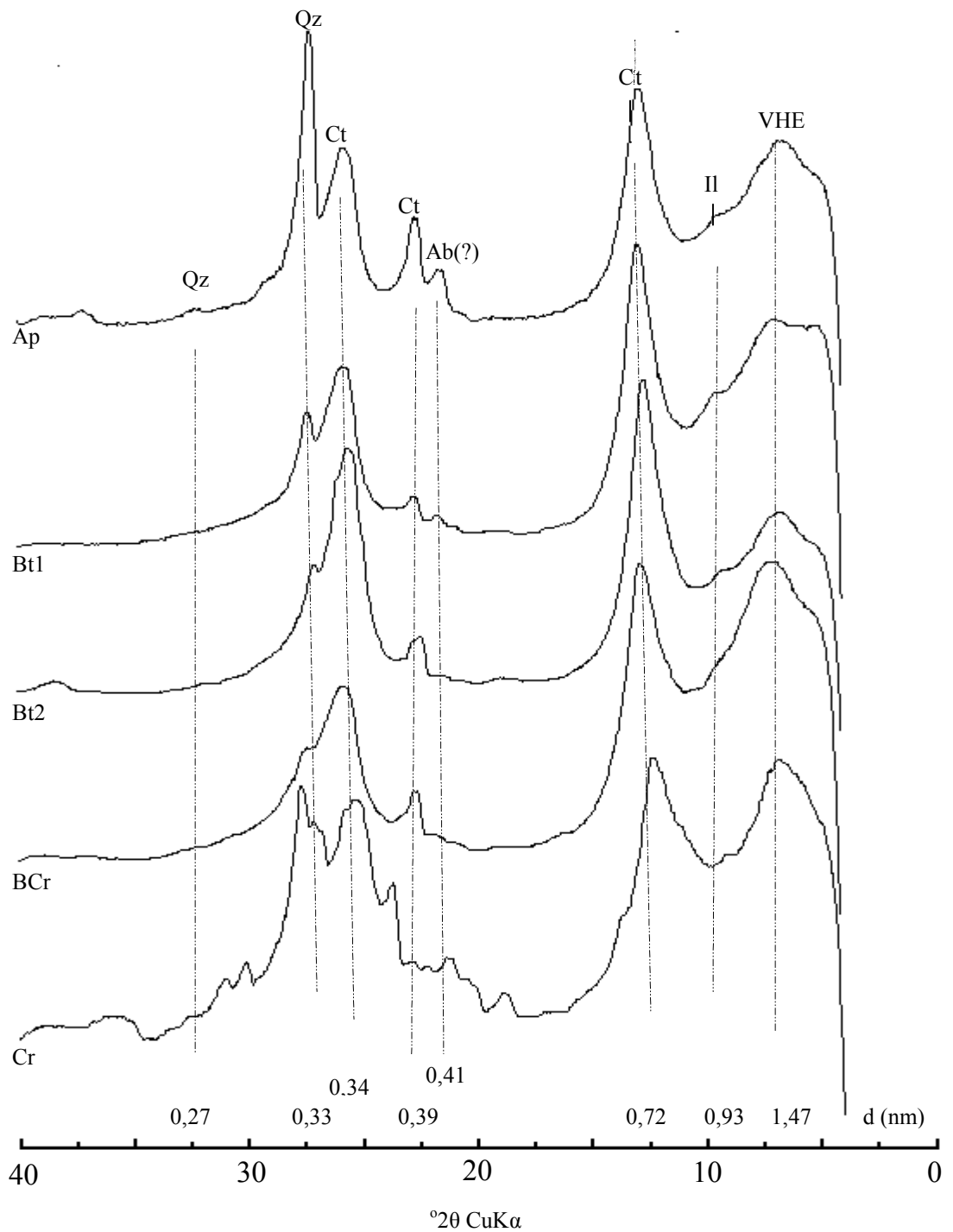


Figura 15 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada de horizontes seleccionados do solo P2. Ct – caulinita; Il – ilita; Ab(?) albita; Qz – quartzo; VHE – vermiculita com hidróxi entrecamadas.

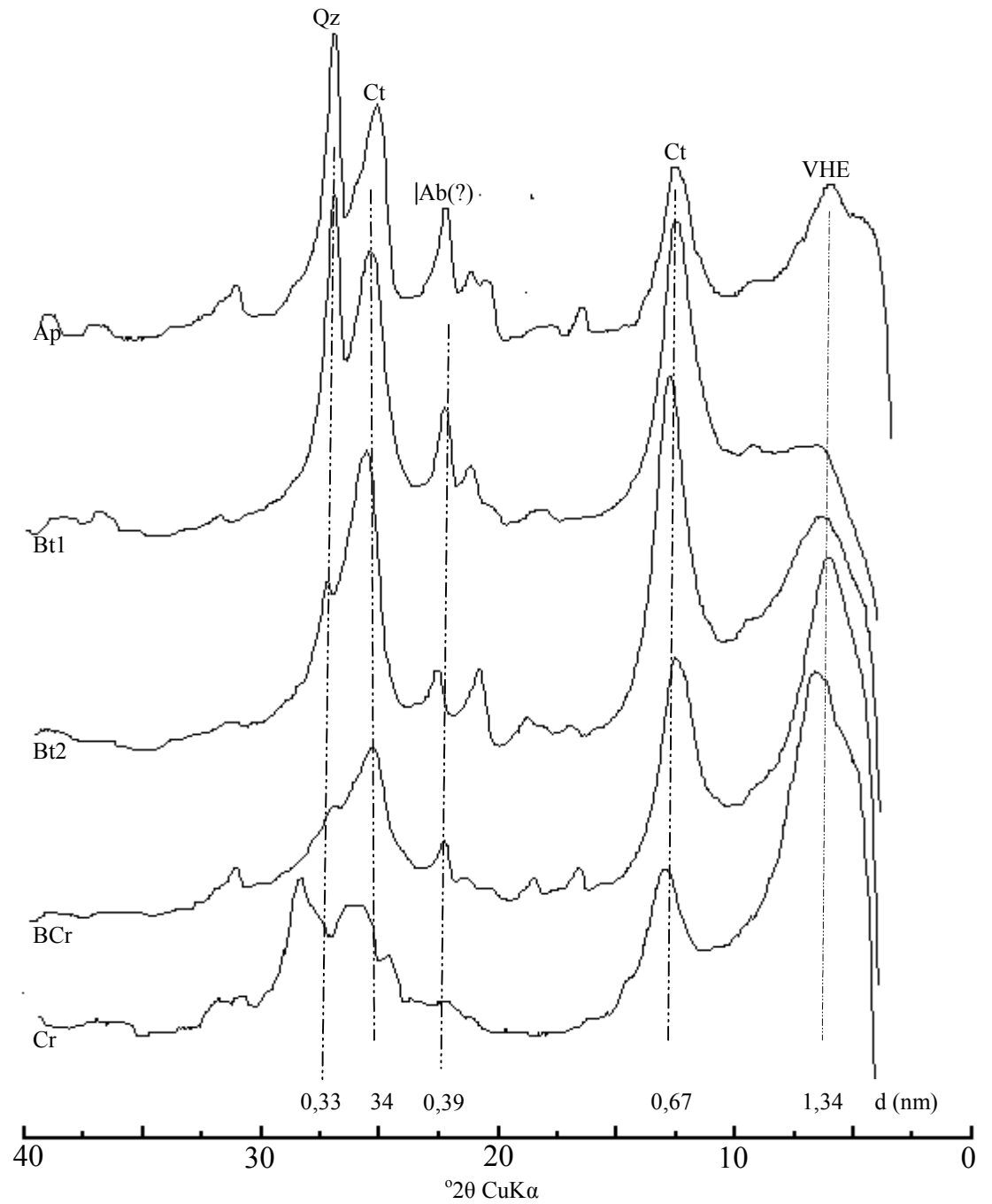


Figura 16 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada saturada com magnésio de horizontes selecionados do solo P2. Ct – caulinita; Ab(?) – albita; Qz – quartzo; VHE – vermiculita com hidróxi entrecamadas.

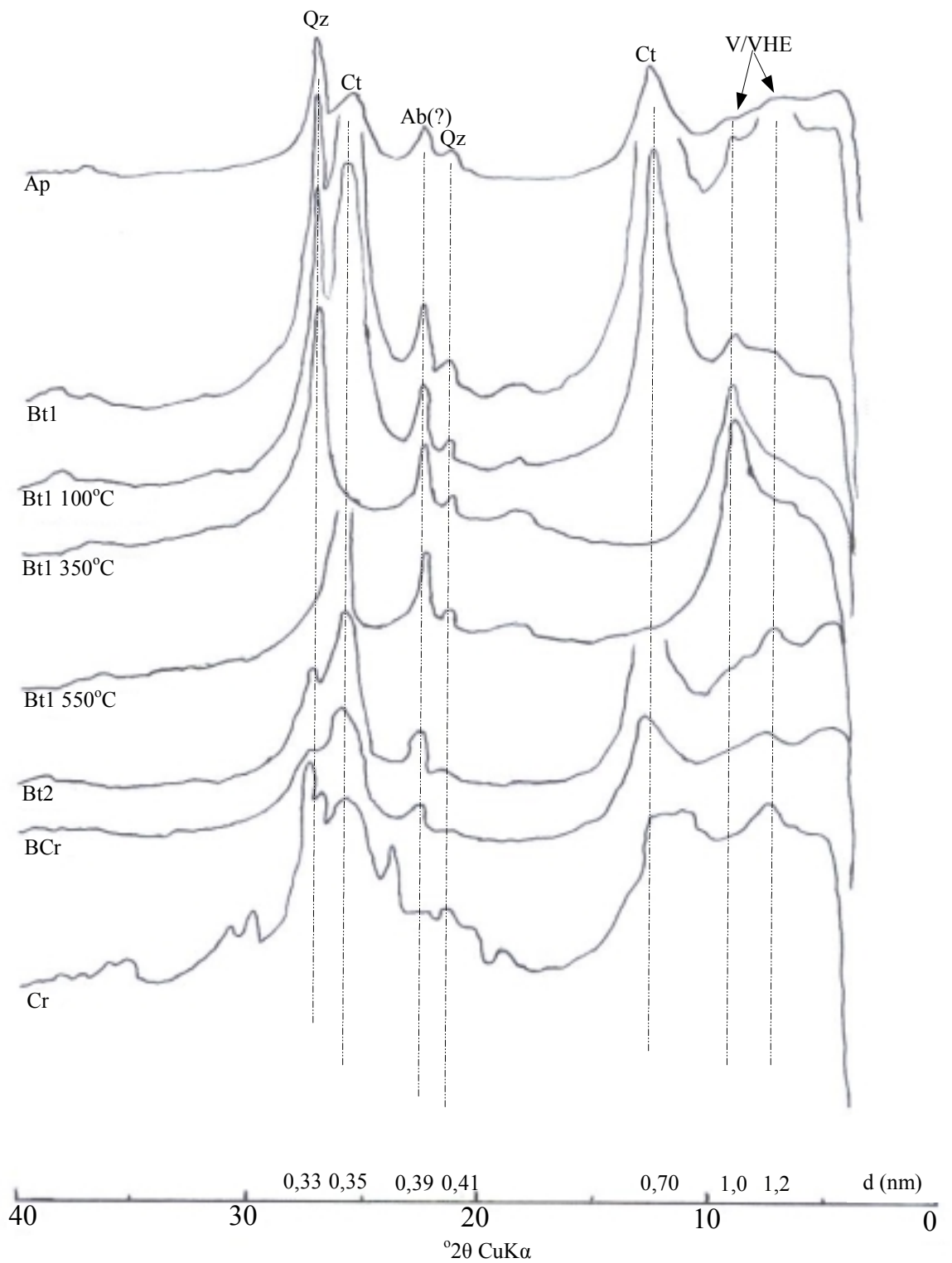


Figura 17 – Difractometria de raio-x da fração argila desferrificada saturada com potássio de horizontes selecionados do solo P2. Ct – caulinita; Qz - quartzo; V/VHE – vermiculita/vermiculita com hidroxí entrecamadas e Ab(?) – Albita.

horizontes superficiais, com incorporação na estrutura da clorita, apoiada nas hipóteses de Swindale e Uehara (1966) e Juang e Uehara (1968), ambos citados por (FANNING et al. 1989), para explicar a ocorrência de mica em horizontes superficiais de solos basálticos do Havaí.

Como no P1, não foi constatada a presença de gibbsita no P2. Este resultado também é coerente com outros encontrados na literatura para alguns solos basálticos do domínio subtropical (GOEDERT et al., 1976; KER e RESENDE, 1990). É possível, nesse caso, que a presença de quartzo esteja também contribuindo para a liberação de sílica, que pode se ligar ao alumínio para formar caulinita, como que ampliando sua estabilidade. Não se descarta, também, a fixação do alumínio nas entrecamadas da VHE, desfavorecendo a formação de gibbsita, naquilo que JACKSON (1963) denominou efeito antigibbsítico.

Descartando-se a hipótese de alguma contaminação com sodalita, os picos em 0,40 e 0,39 nm, (Figura 15) possivelmente referem-se a plagioclásios, talvez albita, mineral de ocorrência comum nas rochas efusivas da Formação Serra Geral no sul do país (HORBACH et al. 1986). Sua presença, apesar de questionada, pode estar relacionada a uma intemperização não muito acentuada desse solo.

Goethita e hematita são os principais óxidos de ferro presentes na argila do P2, sendo a hematita em muito menor proporção (Figura 2A do Apêndice). A presença da hematita, neste solo, e não no P1, pode estar relacionada a um sistema de drenagem mais eficiente, onde, entre outros fatores, sua gênese é favorecida (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1977).

#### **4.5. Características micromorfológicas**

Para a caracterização micromorfológica do P1, foram amostrados os horizontes AB, AB/B1, B1 e B1/B2, conforme pode ser visualizado na Figura 18. Amostragem similar foi utilizada também para o P2.



Figura 18 – Foto do P1 evidenciando os horizontes amostrados para análise micromorfológica.

#### 4.5.1. Aspectos Micromorfológicos

No solo desenvolvido de rocha sedimentar pelítica (P1), observou-se um horizonte AB com características microestruturais semelhantes a B câmbico (Quadro 6), desenvolvimento de estrutura em blocos subangulares incompleta e irregular (fraca *pedalidade*), e presença de escurecimento orgânico envolto por plasma xantizado (goethítico), indicando que houve movimento da matéria orgânica num período anterior, conforme ilustrado na Figura 19. A pedoplasmação nesse horizonte é decorrente do intemperismo da rocha pelítica, o que gera vazios em forma de fissura, que progressivamente se abrem e são preenchidos por plasma mais fino, goethítico. Esse plasma é claramente posterior ao material orgânico isotrópico, que mostra sinais de degradação (Figura 20). A incorporação de orgãos no interior do *ped* sugere a formação de “pápulas de orgãos”, em razão da freqüente destruição e formação de *peds*, pelo umedecimento e secagem do solo.

Na zona de contato entre o horizonte AB e a camada mais escurecida (B1), predominam superfícies orgânicas isotrópicas, opacas, bem definidas (Figura 21). O processo de destruição dos orgãos é menos pronunciado que no AB. Ocorrem ainda abundantes litorelíquias da rocha pelítica em processo de hidratação e fissuração (Figura 22), levando à formação de *peds*.

No horizonte escuro, propriamente dito, há ocorrência de material orgânico no interior dos *peds* em blocos (Figura 23) ou emoldurando litorelíquias de argilito. O caráter policíclico e herdado da gênese dos orgãos é claramente demonstrado pelo recobrimento iluvial xantizado ao longo dos macroporos interagregados.

Na camada abaixo do horizonte escuro (B1/B2), as características micromorfológicas são de um horizonte C saprolítico, formado por fragmentos de rocha pelítica em processo inicial de hidratação, com ferruginização ao longo dos poros e vazios maiores (Figura 24), e fraco desenvolvimento de estrutura.

Quadro 6- Síntese das principais características micropedológicas dos solos estudados

<b>P1</b>				
<b>Horizontes</b>	<b>Microestrutura</b>	<b>Feições iluviais</b>	<b>Feições pedobiológicas</b>	<b>Outras Características</b>
AB	Blocos irregulares, com zonas em grumos /granular	Ausentes	Canais biológicos, pelotas fecais de microartrópodos, restos raízes, fragmentos orgânicos indecompostos	Litorelíquias abundantes, raros nódulos, raros carvões.
AB/B1	Blocos subangulares a angulares, irregulares (tipo câmbico)	Orgãs e cutãs de estresse; fraca policromia	Canais biológicos preenchidos, raras pelotas fecais	Litorelíquias e nódulos Hm/Gb/An <sup>1/</sup>
B1	Blocos subangulares a angulares, irregulares (tipo câmbico)	Orgãs e cutãs, intensa policromia intra-agregados	Raros canais biológicos, preenchidos	Litorelíquias
B1/B2	Microgranular e grãos interligados	Fraca policromia, sem orgãs; cutãs de estresse interagregados comuns	Ausentes	Matriz composta de litorelíquias em processo de pedoplasmação inicial
<b>P2</b>				
A3	Granular forte, grumos	Ausente	Microagregação termítica, pelotas fecais de microartrópodos, canais biológicos	Abundantes micronódulos Gb/Hm/An dominando o esqueleto
A3/Bt1	Blocos subangulares forte (tipo B textural)	Orgãs e cutãs de estresse e iluviação. Orgãs embebidos em pápulas, policromia intra-agregado	Canais biológicos, pelotas fecais	Micronódulos Hm/An/Gb com litorelíquias de rocha efusiva intemperizada
Bt1	Blocos subangulares incompleta, moderada (tipo B textural)	Raros cutãs e orgãs. Cutãs de estresse comuns; policromia intra-agregado	Raros canais biológicos	Micronódulos Hm/An com litorelíquias de rocha efusiva intemperizada
Bt1/Bt2	Blocos subangulares incompleta, moderada	Cutãs de estresse	Raros canais biológicos, pelotas fecais de preenchimento	Micronódulos Hm/An com litorelíquias de rocha efusiva intemperizada

<sup>1/</sup> Hm = hematita; Gb = gibbsita; An = anatásio

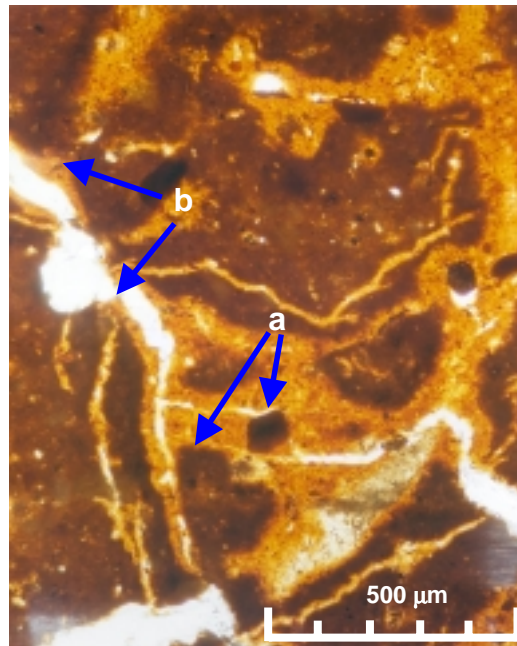


Figura 19 - Fotomicrografia do horizonte AB (P1), com desenvolvimento de estrutura em blocos incompleta, com forte escurecimento orgânico isotrópico intra-agregado (a) (fase I), com preenchimento de plasma goethítico posterior (b) (fase II), evidenciando gênese policíclica.

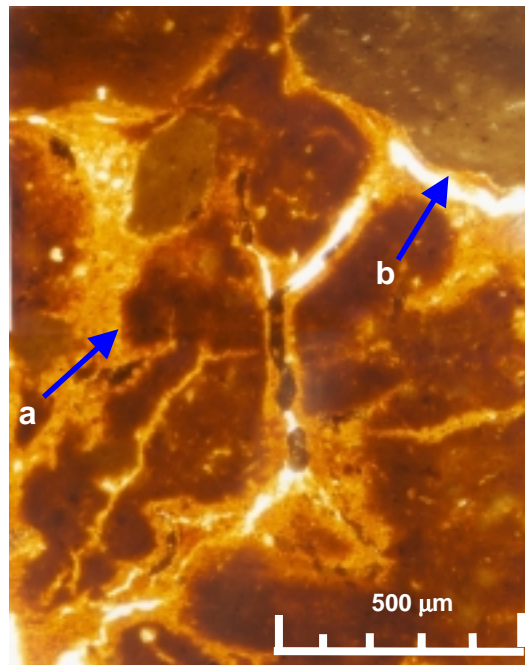


Figura 20 - Fotomicrografia do horizonte AB (P1), mostrando a estrutura em blocos e remobilização do plasma goethítico sobre *peds*, constituindo argiluviação muito fraca (a) (provável cutãs de difusão). A formação dos blocos parece favorecida pela presença de matéria orgânica intra-agregado. Notar recobrimento iluvial difuso sobre litoreliquia de argilito na parte superior (b).

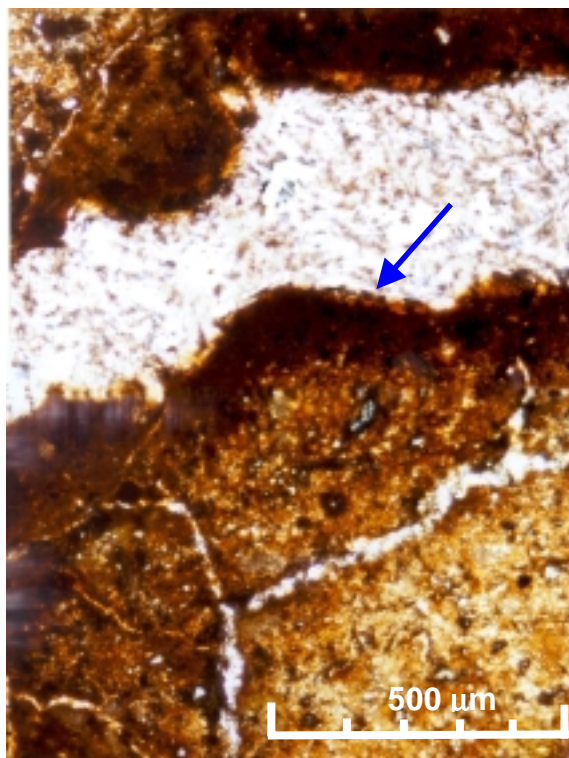


Figura 21 - Fotomicrografia da área de transição entre o horizonte AB e B1 (P1), mostrando orgãos bem definidos sobre uma matriz mais clara e maciça, com estrutura em blocos grandes, não discernível na escala adotada. Há destruição do material orgânico depositado e novo recobrimento com argilã goethizada.

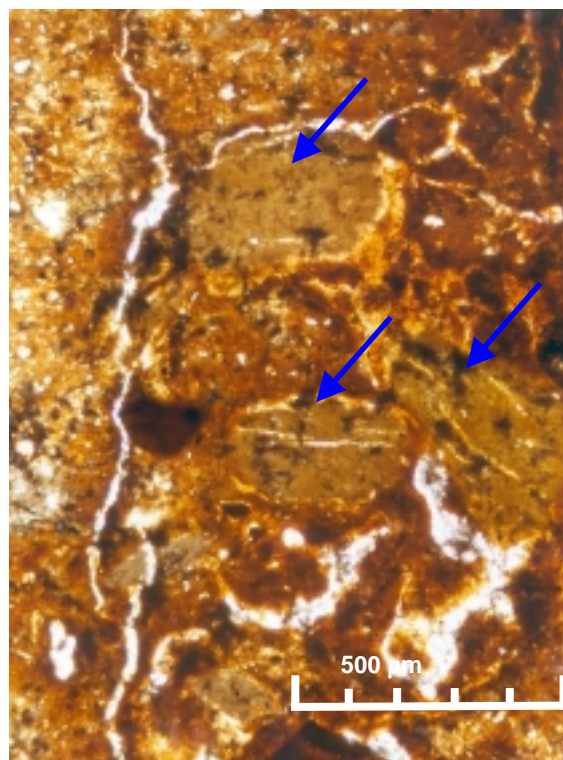


Figura 22 - Fotomicrografia da área de transição entre o horizonte AB e B1 (P1), mostrando o desenvolvimento incipiente de estrutura em blocos com abundantes litorelíquias do argilito em processo de hidratação originando plasma orgânico-argiloso escuro, com início do processo de goethização.

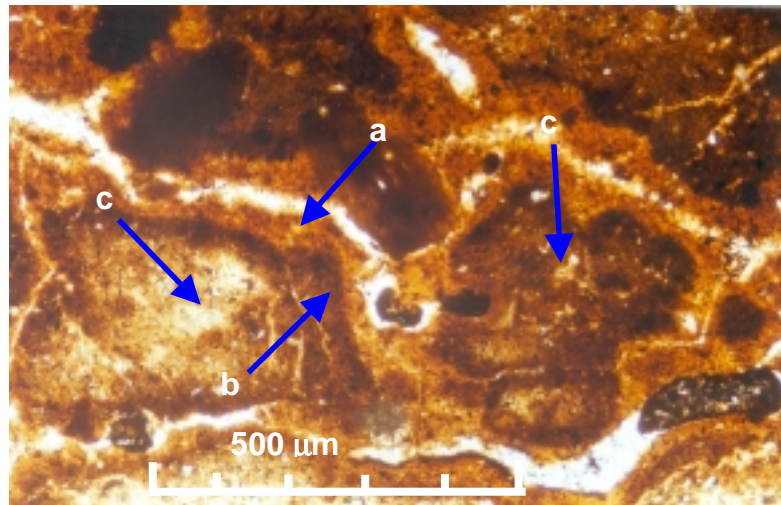


Figura 23 - Fotomicrografia do horizonte B1, (P1), mostrando caráter bifásico de deposição policíclica; detalhe do plasma oxidado (a) (vermelho-amarelado) sobre antigos orgãs (b). O núcleo de agregado mostra-se mais claro e desferrificado, com feições de fragmento reliquiar da rocha pelítica (c).

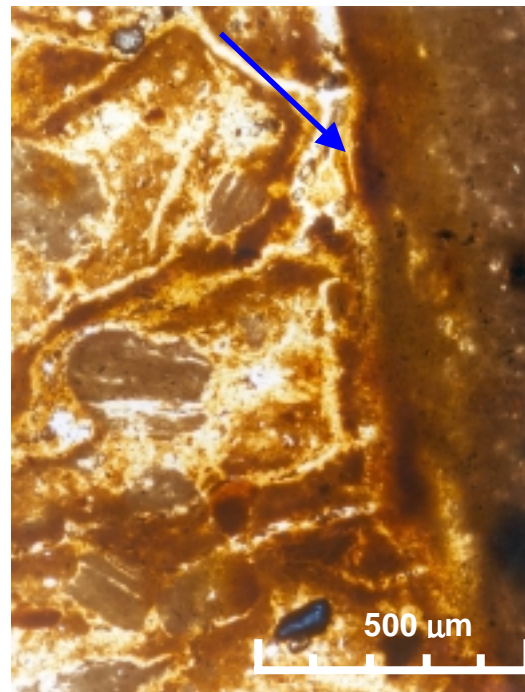
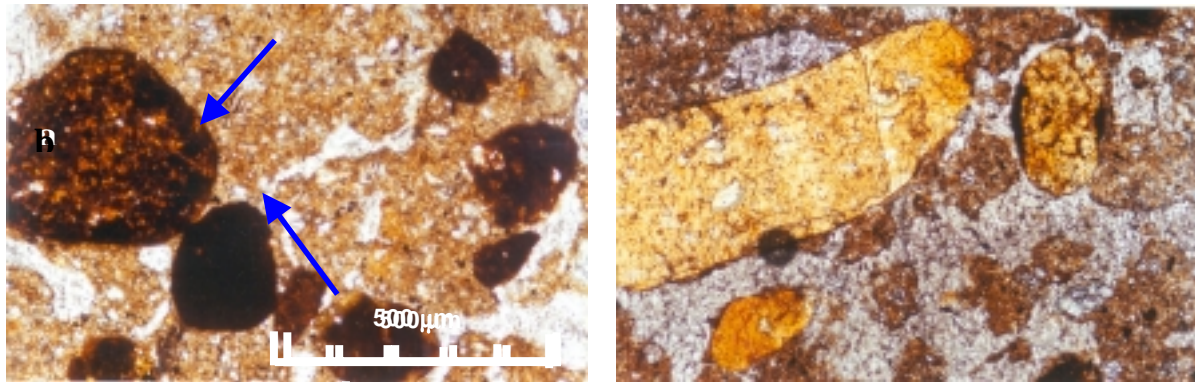


Figura 24 - Fotomicrografia do horizonte de transição B1 e B2 (P1), mostrando fragmentos de argilito em processo de alteração gerando plasma argiloso por contração e expansão (hidratação). Notar ferruginização.

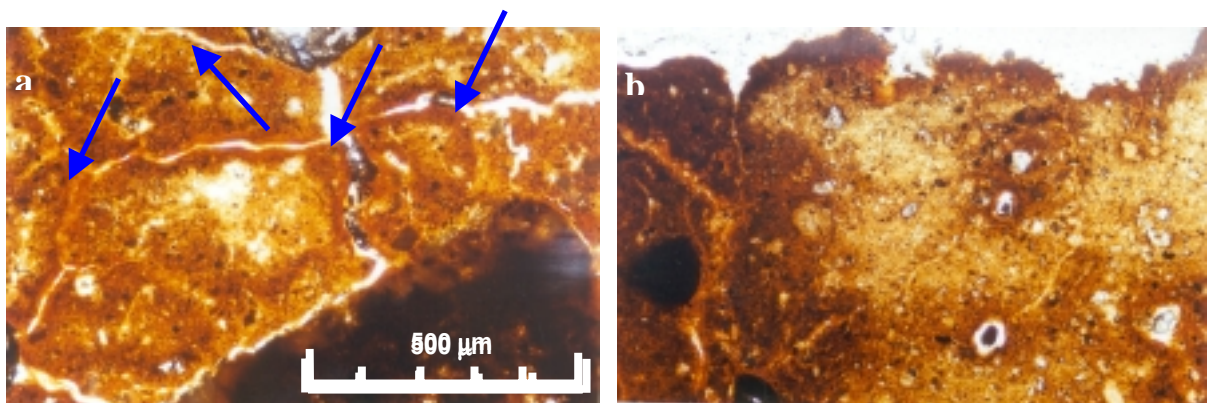
No solo desenvolvido de rocha efusiva (P2), o horizonte de transição A3 possui características bem desenvolvidas, como estrutura em blocos subangulares, abundantes nódulos hematíticos, titaníferos ou gibbsíticos, imersos no plasma argilo-siltoso (Quadro 6 e Figura 25). No contato do horizonte escurecido com o inferior (Bt1/Bt2), observou-se cerosidade fraca e descontínua, na forma de ferrãs ou orgãs (Figura 26). Esses “*coatings*” ou superfícies lustrosas são semelhantes aos descritos por FITZPATRICK (1993). A presença de cutãs compostos foi considerada poligenética (polifásico) por CONDRON e RABENHORST (1994) e DeCONINK e McKEAGUE (1985), em estudos de seqüência de Espodossolos nos Estados Unidos e na Europa, respectivamente.

Quanto à possibilidade desses orgãs representarem os processos de podzolização e iluviação de compostos de matéria orgânica com ferro e, ou, alumínio, JAMET et al. (1994) e ZEBROWSKI (1975) descreveram, em detalhe, a gênese de horizontes espódicos sobre materiais argilosos, de natureza vulcânica, à semelhança do presente estudo com argilitos e riodacitos. No presente caso, a pobreza química dos materiais de origem, mesmo em solos argilosos, pode explicar a conservação de matéria orgânica nos orgãs. Outros autores destacam a importância de vegetação acidófila dominada por pteridófitas, coníferas e arbustos, que produzem exsudatos fenólicos radiculares, chamados “*flobophenos*” (JAMET et al., 1994). Esses exsudatos são responsáveis pela solubilização e complexação do alumínio e ferro nesses solos, inicialmente gibbsíticos, pela desestabilização da gibbsita (WILKE e SCHWERTMANN, 1977), e solubilização pelos ácidos fúlvicos e húmicos (RIGHI et al., 1982).

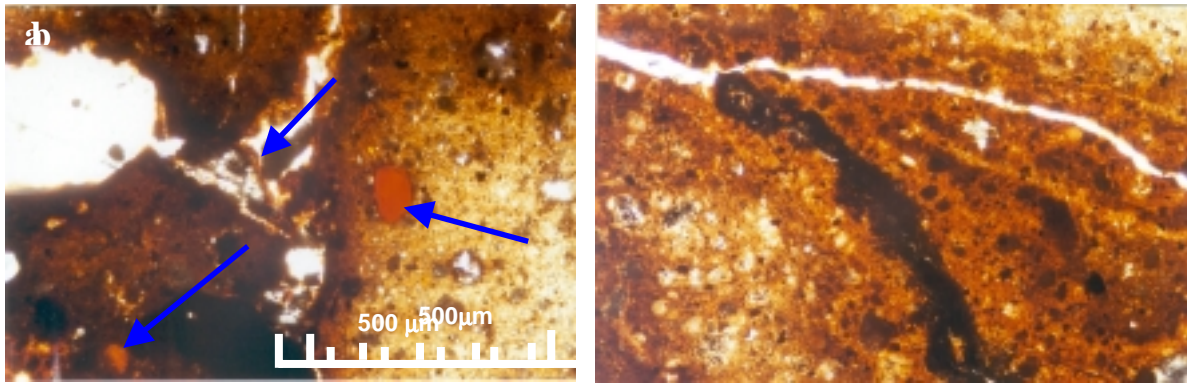
Na Figura 27, verifica-se a presença de hematita reliquiar, na forma de micronódulos, grãos opacos de titânio e orgãs herdados em pápulas, sem conexão com macroporosidade atual, evidenciando o caráter policíclico da gênese desses horizontes. Observa-se, na Figura 28, que nos poros maiores, há presença esporádica de superfícies lustrosas na forma de cutãs de iluviação argilo-ferruginosas, lado a lado com orgãs (FITZPATRICK, 1993).



Figuras 25 - Fotomicrografia do horizonte A3 (P2), acima do escurecido, com presença de nódulos hematíticos (a) e aluminosos (b) preservados no seio do plasma argilo-orgânico, com microagregação.



Figuras 26 - Fotomicrografia do horizonte de transição Bt1/Bt2 (P2), com presença de fraca e descontínua cerosidade – ferrãs (a) e orgãs (b) formados pela difusão de material e expansão e contração do plasma.



Figuras 27 - Fotomicrografia do horizonte Bt1 (P2), mostrando hematita reliquiar (a) e orgãs fósseis preservados em macroporos (b). Notar pontuações orgânicas no material ferruginizado.

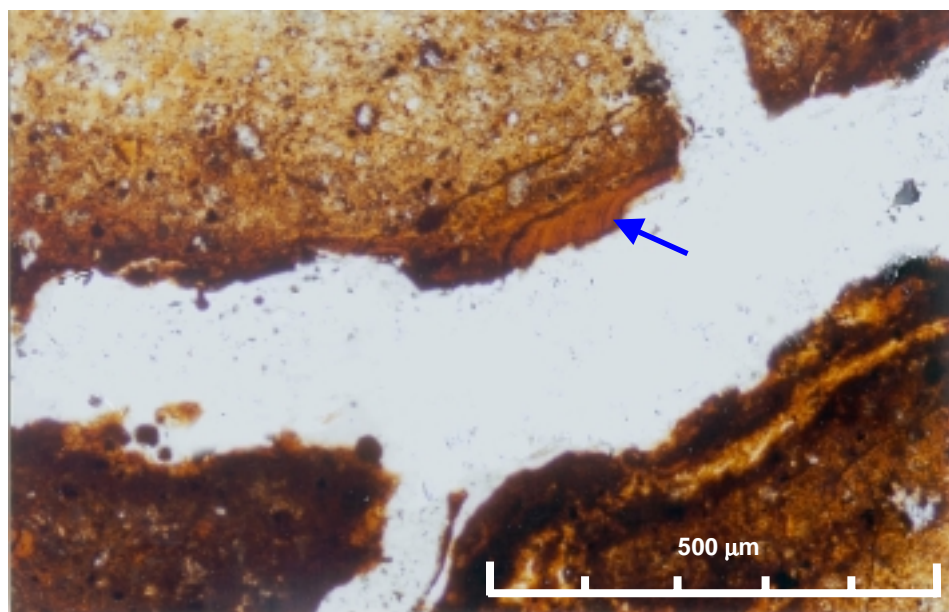


Figura 28 - Fotomicrografia do horizonte Bt1 (P2), mostrando a presença de raro argilã iluvial descontínuo.

## 5. CONCLUSÕES

As avaliações morfológicas de campo, bem como os resultados obtidos para as características físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- Os solos são argilosos, álicos e alumínicos.

- Somente o P2 apresentou incremento de argila do A para o B. A cerosidade descrita no campo foi confirmada pela presença de argilãs iluviais no horizonte B, confirmando tratar-se de um B textural. A ausência de tais atributos no P1, descartam a presença desse horizonte diagnóstico.

- Nos dois solos, o escurecimento do horizonte B é resultante do acúmulo de matéria orgânica, com maior participação da fração ácido húmico (AH) que ácido fúlvico (AF), com ferro e alumínio.

- O P1 apresentou menores relações carbono/metálico, apresentando-se o alumínio em maiores quantidades que ferro em ambos os perfis. Essa migração carbono/metálico é incompatível com a definição de “*sombric horizon*” da *Soil Taxonomy*, descartando a possibilidade da presença de horizonte sômbrico.

- O escurecimento do topo do horizonte B é resultado do acúmulo de matéria orgânica, maior para a fração AH que para a fração AF, com óxidos de ferro e alumínio.

- Os teores de  $TiO_2$  sem mudanças expressivas no perfil, além do decréscimo contínuo e constante da fração húmica, indicam não se tratar de A enterrado o horizonte escurecido.

- O horizonte B escuro apresenta alguns atributos, como contraste de cor em relação ao horizonte A, densidade ótica  $> 0,25$  e com valores 50% mais altos que a do imediatamente acima, valores de pH em água menores que 5,9, percentagem de carbono orgânico maior que 0,6, e acumulação iluvial de complexos organometálicos de alumínio e ferro, compatíveis com a definição do horizonte B espódico da *Soil Taxonomy*, ou mesmo do sistema brasileiro.

- Em razão da presença do horizonte B textural com teores elevados de  $Al^{3+}$ , o P2 foi classificado como Argissolo Crômico Argilúvico típico. O escurecimento do B, entretanto, sugere tratar-se de solo intermediário para Espodossolo, o que poderia ser contemplado no 4<sup>o</sup> nível categórico do sistema brasileiro de classificação de solos, já que o solo não é epiáquico, nem abráptico e nem típico.

- O horizonte B escurecido do P1 preenche os requisitos do horizonte diagnóstico B espódico. Seu enquadramento no sistema brasileiro de classificação, por falta de opção, recai em Espodossolo Ferrocárbico Órtico. Os resultados, entretanto, apontam para a necessidade de serem reconhecidos como Espodossolos argilosos. Assim, parece pertinente a criação de Espodossolos Ferrocárbicos Argilosos no 4<sup>o</sup> nível categórico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A.; KÄMPF, N. e KLAMT, E. Amidas e hidrazinas na identificação de caulinita desordenada em solos brunos subtropicais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, v. 16, p.169-175, 1992.
- AMEDEE, G. e PEECH, M. The significance of KCl-extractable Al(III) as an index to lime requirement of soils of the humid tropics. Soil Sci. Baltimore, v.121, p.227-233, 1976.
- ANDERSON, H.A.; BERROW, M L.; FARMER, V. C.; HEPBURN, A.; RUSSEL, J. D. e WALKER, A. D. A reassessment of podzol formation processes. J. Soil Sci. v.33, p.125-136, 1982.
- BALDWIN, M.; KELLOG, C. E. e THORP, J. Soil Classification. In: Soils and men. USDA Agriculture Yearbook. Washington, DC, p.797-1001, 1938.
- BARNHISEL, R. I. e BERTSCH, P, M. Chlorites and Hidroxy-Interlayered Vermiculite and Smectite. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B. (eds.) Minerals in soil environments. Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA, p.729-779, 1989.
- BENNEMA, J. e CAMARGO, M. N. Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1964. 17p. (mimeogr.).
- BOGGAARD, O. K. Phase identification by selective dissolution techniques. In: STTUCKI, J. W. ; GOODMAN, B. A.; SCHWERTMANN, U. (eds.) Iron in Soils and Clays Minerals. Reidel Pub. Comp., Dordrecht, p.83-98, 1988.

- BOGNOLA, I. A. Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos. Viçosa, MG, UFV, 1995. 205p. (Tese de Mestrado).
- BRINKMAN, R. Ferrollysis, a soil-forming process in hydromorphic conditions. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1979. 106p.
- BUOL, S. W.; HOLE, F. D. e McCRACKEN, R. J. Soil Genesis and Classification. 2 ed. Iowa State University, Ames, USA. 1989. 446p.
- CADY, J. G., Petrographic microscope techniques. IN: BLACK et al. (eds.) Methods of soil analysis. Part 1. Agronomy. v.9, p.604-631, 1965.
- CAMARGO, M. N. e OLMOS, J. I. L. Conceituação Preliminar de Podzólico Bruno-Acinzentado tentativamente identificado no Brasil. In: Circular Técnica nº1. SNLCS – EMBRAPA. p. 25-28, 1982.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E. e KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.12, n.1, p.11-33, 1987.
- CARLISLE, V. W. e ZELAZNY, L. W. Mineralogy of selected Florida Paleudults. Soil Sci. Fla. Proc. v.33, p.136-139, 1973.
- CHILDS, C. W., PARTIFF, R. L. e LEE, R. Movement of aluminium as an inorganic complex in some podzolized soils, New Zealand. Geoderma, v.29, p.139-155, 1983.
- CONDON, M. A. e RABENHORST, M. C. Micromorfology of spodic horizons in a Psamment – Aquod toposequence on the Atlantic coastal plain of Maryland, U.S.A. IN: RINGROSE-VOASE, G.S. e HUMPHREYS, G. S. eds. Soil micromorfology: studies in management and genesis. Elsevier, Amsterdam, p.179-186, 1994.
- CLINE, M. G. Profile studies of the normal soils of New York. I. Profile sequence involving Brown Forest, Gray. Brown Podzolic and Brown Podzolic soils. Soil Sci., v.68, p. 259-272, 1949.
- DeCONINCK, F. Major mechanisms in formation of spodic horizons. Geoderma, v.24, p.101-128, 1980.
- DeCONINCK, F. e McKEAGUE, J. A. Micromorphology of Spodosols. IN: DOUGLAS, A. L. e THOMPSON M. L. eds. Soil Micromorphology and Soil Classification. Soil Science Society of America, Madison. USA, p. 121-144, 1985.

- DEFELIPO, B. V. e RIBEIRO, A. C. Análise química do solo. (Metodologia). Viçosa, MG, UFV, 1996. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- DELVIGNE, J.E.. Atlas of Micromorphology and Mineral alteration and weathering. The Canadian Mineralogist/ORSTOM, Special Publication 3, Ottawa, 1998. 494 p.
- DOUGLAS, L. A. Vermiculites. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. Minerals in environments. Soil Sci. Soc. Am., p. 635-668, 1989.
- DREES, L. R.; WILDING, L. P.; SNECK, N. E. e SENKAYI, A. L. Silica in soils: Quartz and Disordered Silica Polymorphs. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. Minerals in environments. Soil Sci. Soc. Am., p. 913-965, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidade de mapeamento, normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, RJ. 1988b. 67p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Alumínio extraído em solo. Determinação espectrofotométrica pelo alaranjado de xilenol. Boletim técnico N<sup>o</sup> 6. EMBRAPA Produção de Informação, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997b. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Estudo expedito de solos do Estado de Santa Catarina, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. Rio de Janeiro, RJ. 1980b. 156p. (Boletim técnico n<sup>o</sup> 65).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Estudo expedito de solos do Estado do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. Rio de Janeiro, RJ. 1980a. 262p. (Boletim técnico n<sup>o</sup> 75).

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (1ª Aproximação). Rio de Janeiro, RJ. 1980c. 73p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (2ª Aproximação). Rio de Janeiro, RJ. 1980d. 107p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (3ª Aproximação). Rio de Janeiro, RJ. 1988a. 105p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (4ª Aproximação). Rio de Janeiro, RJ. 1997a. 122p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, RJ. 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS e FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Convênio: SUDESUL-EMBRAPA-GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, Londrina, 2v. 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. VI- RCC- Reunião de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos, RS/SC/PR. Colombo, PR. 2000. 222p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. Soil taxonomy; a basin system of classification for making and interpreting soil survey. Washington. DC: 1975. 330p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil Survey Laboratory Staff. Soil survey laboratory methods manual. 3 ed. Washington, 1996. (Soil Survey Investigation Report 42).
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Natural Resources Conservation Service. Soil Taxonomy: a basic system

- of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second Edition. Washington, 1999. 869 p.
- FANNING, D. S. e FANNING, M. C. B. Soil – Morphology, Genesis and Classification. John Wiley e Sons, New York, USA. 1989. 395p.
- FANNING, D. S.; KERAMIDAS, V. Z. e EL-DESOKY, M. Micas. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. Minerals in environments. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA, p. 551-624, 1989.
- FASOLO, P. J. Mineralogical identification of four igneous extrusive rock derived oxisols from the state of Paraná, Brazil. West Lafayette, Indiana, USA. Purdue University, 1978. 109p. (MS. Thesis).
- FITZPATRICK, E. A. Soil microscopy and micromorphology. New York: John Wiley e Sons, 1993. 304p.
- GOEDERT, W. J.; SYERS, J. K. e COREY, R. B. Relações caulinita-quartzogibbsita em solos desenvolvidos de basaltos no Rio Grande do Sul. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Campinas, SP, 1975. Soc. Bras. Ci. Solo, p.495-458, 1976.
- GOMES, I. A. Caracterização e gênese do Podzólico Vermelho-Amarelado álico de argila de atividade alta da Região úmida do Nordeste Brasileiro. Piracicaba, SP, 1985. 198p. (Tese de Doutorado).
- GOMES, J. B. V. Caracterização, gênese e uso de solos de três sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais no Estado do Rio de Janeiro. Viçosa, MG, 1995. 170p. (Tese de Mestrado).
- GOMES, J. B. V.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B. e MENDONÇA, E. S. Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. Pesq. Agropec. Bras., v.33 n.11, p.1921-1932, 1998.
- HIGASHI, T.; DeCONINCK, F. e GELAUE F. Characterization of some spodic horizons of the campine (Belgium) with dithionite-citrate, pyrophosphate and sodium hydroxide-tetraborate. Geoderma, v.25, p.131-142, 1981.
- HORBACH, R.; KUCK, L.; MARIMON, R. G.; LENZI MOREIRA, H.; FUCHS, G. F.; MOREIRA, M. L. O.; MARIMON, M. P. C.; LIMA PERES, J.; VIVAN, O.; ALMEIDA e MARINHO, D. e TEIXEIRA, W. Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SH.22 Porto Alegre e partes das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. 795p. (Levantamento de Recursos Naturais, Volume 33) p. 29-312.

- JACKSON, M. L. Inter-layering of expansible layer silicates in soils by chemical weathering. In: BRADLEY, W.F. ed. Clays and Clay Minerals Proceedings of the Eleventh National Conference on Clays and Clay Minerals. Ottawa, Canadá. August 13-17, p. 29-42, 1963.
- JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis, advanced course: 2nd ed., Publ. by the author, Dept. Soil Sci., Univ. of Wisconsin, Madison. 1969. 991p.
- JAMET, R.; TOUTAIN, F.; GUILLET, B. e RAMBAUD, D. Forms and origin of alumina in the A2 horizon of the tropical podzols of Tahiti (French Polynesia). IN: L. A. DOUGLAS. ed. Soil micromorfology: a basic and applied science. Elsevier, Amsterdam, p 213-218, 1994.
- JENNY, H. The soil Resource – Origin and Behavior. Springer-Verlag. New York, USA. 1980. 377 p.
- JUO, A. S. R. e KAMPRATH, E. J. Copper chloride as an extractant for estimating the potentially reactive aluminium pool in acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J., v.43, p. 35-8, 1979.
- JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A. e FRANCO, M. S. M. Geomorfologia; Levantamento Exploratório de Solos. IN: IBGE: Levantamento de Recursos Naturais . v-33. Folha SH-22 Porto Alegre e parte das folhas SH-21 Uruguaiana e SI-22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, RJ. p.313-404, 1986.
- KÄMPF, N. e SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soil. Clays and Clay Minerals, Lawrence, v.30. p.401-408, 1982.
- KARATHANASIS A. D., ADAMS, F. e RAJEK, B. F. Stability relationships in kaolinite, gibbsite and hidroxi inter-layered vermiculite soil systems. Soil Sci. Am. J., v.47, p.1247-1251, 1983.
- KAUL, P. F. T. Geologia. IN: IBGE. Geografia do Brasil; região sul. Rio de Janeiro, RJ., 5v. v.2. p.29-54, 1990.
- KELLER, W. D. The principles of chemical weathering. Missouri: Lucas Brothers, 1968. 111p.
- KER, J.; ALMEIDA, J. A.; FASOLO, P. J. e HOCHMÜLLER, D. P. Pedologia; Levantamento Exploratório de Solos. IN: IBGE: Levantamento de Recursos Naturais . v-33. Folha SH-22 Porto Alegre e

- parte das folhas SH-21 Uruguaiana e SI-22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, RJ. p.405-540, 1986.
- KER, J. C. e RESENDE, M. Caracterização química e mineralógica de solos brunos subtropicais do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, v.14, p.215-225, 1990.
- KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. Sellowia, Itajaí, SC, v.7, n.12. p.17-44, 1960.
- LEMOS, R. C. e MARQUES, A. F. S. M. Contribuição para um sistema de classificação dos solos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, Manaus, 1979. n.p. (mimeogr.).
- LEMOS, R. C. e SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3<sup>a</sup> ed. Campinas: SBCS, 1996. 84p.
- LUNDSTRÖM, U.S.; VAN BREEMEN, N.; BAIN, D. The podzolization process. A review. Geoderma, v.94, p.91-107, 2000a.
- LUNDSTRÖM, U.S.; VAN BREEMEN, N.; BAIN, D.C.; VAN HEES, P. A. W.; GEISLER, R.; GUSTAFSSON, J. P.; ILVESNIEMI, H.; KARLTUN, E.; MELKERUD, P. A.; OLSSON, M.; RIISE, G.; WAHLBERG, O.; BERGELIN, A.; BISHOP, K.; FINLAY, R.; JONGMANS, A. G.; MAGNUSSON, T.; MANNERKOSKI, H.; NORDGREN, A.; NYBERG, L.; STARR, M. e TAU STRAND, L. Advances in understanding the podzolization process resulting from a multidisciplinary study of three coniferous forest soils in the Nordic Countries. Geoderma, v.94, p.335-353, 2000b.
- MARTINS, J. S. Pedogênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do Estado do Acre, Brasil. Belém, PA: FCAP, 1993. 101p. (Dissertação Mestrado).
- McKEAGUE, J. A. e DAY, J. H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Can. J. Soil Sci., v.46, p.13-22, 1966.
- McKEAGUE, J. A. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in podzols and some other soils. Can. J. Soil Sci., v.47, p. 95-99, 1967.
- McKEAGUE, J. A.; BRYDON, J. E.; ILES, N. H. Differentiation of forms extractable iron and aluminium in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.35, p.33-38, 1971.
- McKEAGUE, J. A. Manual on soil sampling and methods of analysis. Can. J. Soil Sci., 2 ed. 1978. 211p.

- McKEAGUE, J.A. CHESHIRE, M.V.; ANDREUX, F.; BERTHELIN, J. Organo-Mineral Complex in Relation to Pedogenesis. In: HUANG, P.M.; SCHINTZER, M. (eds) Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes. 2<sup>a</sup> ed. Soil Science Society of America. Madison, USA. 1986. 606p.
- MEHRA, O. P. e JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: National Conference on Clays and Clay Minerals, v.7, p.317-27, 1960.
- METRI, M. C.; MOREAL, A. M.; KER, J. C. e CARVALHO FILHO, A. Avaliação de Critérios de classificação de Espodossolos do Pantanal Matogrossense e de Tabuleiros Costeiros relacionados ao Grupo Barreiras. CD.-ROOM Congresso Bras. Ci. Solo. Brasília, 1999.
- MOKMA , L., BUURMAN, P. Podzols and podzolization in temperate regions. Wageningen: International Soil Museum, 1982. 126p. (ISM monograph, 1).
- MOURA FILHO, G. Caracterização e Uso de Solos Arenosos Associados à Foz do Rio São Francisco, no Litoral Sul de Alagoas. Viçosa, MG, 1998. 169p. (Tese de Doutorado).
- NESSE, W.D. Introduction to optical mineralogy, Oxford, Oxford university press, 1991.
- NIMER, E. Clima. IN: Geografia do Brasil: região sul. Rio de Janeiro, RJ, 5v., v.2. p.151-187, 1990.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T. e CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil; guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- OLMOS, J. I. L. e CAMARGO, M. N. Caracterização de Podzólicos Bruno-Acinzentados do Sul do País. EMBRAPA – SNLCS (s.d.) (Projeto de Pesquisa). 1982.
- PALMIERI, F. A study of a climosequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, Brazil. West Lafayette, Indiana, USA. Purdue University, 1986. 259p. (Thesis PhD).
- PÖTTER, R. O. e KÄMPF, N. Argilo-minerais e óxidos de ferro em cambissolos e latossolos sob regime térmico údico no Rio Grande do Sul. In: R. Bras. Ci. Solo, v.5, p.153-159, 1981.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 2 ed. Viçosa, MG: NEPUT, 1997. 367p.
- RICH, C. I. e OBENSHAIN, S. S. Chemical and clay mineral properties of a red-yellow podzolic soil derived from muscovite shist. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.19, p.334-339, 1955.
- RODRIGUES, T. E. Caracterização e gênese de solos brunos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG. Piracicaba, SP, 1984. 256p. (Tese de Doutorado).
- RUEEG, N. R. Modelos de variação química na província basáltica do Brasil meridional. Características de teor, distribuição geográfica e diferenciação. São Paulo, Inst. Geoc. USP, 1975. 2v (Tese de livre docência).
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento – SEPLAN/SC. Atlas do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1986. 136p.
- SAWHNEY, B. L. Interstratification in Layer Silicates. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. Minerals in environments. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA, p. 789-824, 1989.
- SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R. F. e NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. IN: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, RS. Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.41-65, 1974.
- SCHNITZER, M. Organic matter characterization. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D. R. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2 ed. Agronomy n.9. Madison, American Society of Agronomy, Soil Sci. Soc. Am., p.581-594, 1982.
- SCHNITZER, M. Reaction between fulvic acids, a soil humic compound and inorganic soil constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.26, p.362-365, 1969.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. Nature, v.212 n.5062. p.645-646, 1966.

- SCHWERTMANN, U. e TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J. B., WEED, S. B., (Eds.). Minerals in soil environments. Madison: Soil Science Society of America, p.145-180, 1977.
- TEDESCO, J. M., WOLKWEISS, S. J. e BOHNEN, H. Análise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 156p. (Boletim Técnico 5).
- THORP P. J. e SMITH, G. D. Higher categories of soil classification: order suborder and great soil groups. Soil Science, v.67, p.117-126, 1949.
- UEHARA, G. e GILLMAN, G. P. Mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays. Boulder, Westview Press. 1981. 170p.
- VAN HEES, P. A. W.; LUNDSTRÖM, U. S. e GIESLER, R. Low molecular weight organic acids and their Al-complexes in soil solution-composition, distribution and seasonal variation in three podzolized soils. Geoderma, v.94, p.173-200, 2000.
- VAN BREEMEN, N. e BUURMAN, P. Soil Formation. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. 1998. 377p.
- WILDING, L. P. e FLACH, K. W. Micropedology and soil taxonomy. In: DOUGLAS, L. A. e THOMPSON, M, L. (Eds.) Soil micromorphology and soil classification. Madison: Soil Sci. Soc. Am., p.1-16, 1985. (SSSSA Special, 15).
- WILKE, B. M. e SCHWERTMANN, U. Gibbsite and halloysite decomposition in strongly acid podzolic soils developed from granitic saprolite of the Bayerischen Wald. Geoderma, v.19, p. 51-61, 1977.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. Comm. Soil Sci. Plant Anal., v.19, p.1467-1476, 1988.
- ZEBROWSKI, C. La Reunión, les sols podzolisés. IN: Atlas des D.O.M. pl. 10 C.E.G.T. - I.G.N., Paris, 1975.

## **APÉNDICE**

## ABREVIACÕES EMPREGADAS NAS DESCRIÇÕES DE CAMPO DOS SOLOS

### **Textura**

fa - franco arenosa  
fra - franco argilo arenosa  
frs – franco argilo siltoso  
fr - franco argiloso  
rs - argilo siltoso  
r - argiloso  
mr - muito argiloso

### **Estrutura**

Grau  
1 - fraca  
2 - moderada  
3 - forte  
4 - muito forte

### **Tamanho**

P - pequena  
mP - muito pequena  
M - média  
G - grande

### **Tipo**

Mc – maciça coesa  
Gr - granular  
BA - blocos angulares  
BS - blocos subangulares  
Pr - prismática

### **Cerosidade**

Grau  
idem à estrutura  
Quantidade  
p - pouco  
c - comum  
a – abundante

### **Consistência**

Seca  
Ma - macio  
D - duro  
LD - ligeiramente duro  
mD - muito duro  
ED - extremamente duro  
Úmida  
Fr - friável  
mFr - muito friável  
Fi - firme  
mFi - muito firme  
Efi - extremamente firme  
Molhada  
LPI - ligeiramente plástico  
PI - plástico  
mPI - muito plástico  
Pe - pegajoso  
mPe - muito pegajoso

### **Transição**

Faixa de separação  
p - plana  
o - ondulada  
Distinção  
c - clara  
g - gradual  
d - difusa  
i - irregular  
abr - abrupta

Quadro 1A - Perfil 1 (P1) Descrição de campo

Classificação: Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico intermediário para Cambissolo Háplico Aluminico típico.

Localização, Município, Estado e Coordenadas: Na localidade de Serra do Cascalho, a 9,8 km de Santa Maria e 24,9 km de Rio do Campo, município de Santa Terezinha, S.C. 26°46 S e 50°03 WGr.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal Sobre o Perfil: Descrito e coletado em barranco de estrada, no terço médio de encosta, com declive aproximado de 20% e cobertura vegetal secundária (antiga área de lavoura).

Altitude: 720 metros

Litologia e Cronologia: Argilitos da Cobertura Sedimentar Gonduânica. Permiano Superior.

Formação Geológica: Serra Alta

Material Originário: Argilitos da Formação acima citada.

Pedregosidade e Rochosidade: Não pedregosa e não rochosa.

Relevo Local: Ondulado. Relevo Regional: Forte ondulado.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação Primária: Floresta subtropical com araucária.

Uso Atual: Vegetação secundária (macega).

Clima: Cfa, da classificação de Köppen.

Raízes: Muitas finas nos horizontes Ap, comuns até A2 e poucas no restante do horizonte A, e raras na camada escurecida (B1).

Descrito e Coletado por: Isaias Oenning e Sergio Hideiti Shimizu. Data: 24/12/99.

Horizonte	Prof. (cm)	Cor			Textura			Consistência			Transição
		Úmido	Seco	Seco tritur.	Classe	Estrutura	Cerosidade	Seca	Úmida	Molhada	
Ap	0-20	10YR 4/3	10YR 5/3	10YR 5/3	mr	21PMBS	-	D	Fi	mPIPe	pg
A2	-61	10YR 4/4	10YR 5/3	10YR 5/3	mr	2PMBS	-	LD	Fi	mPIPe	g
AB	-76	10YR 4/4	10YR 5/4	10YR 5/4	mr	23MBS	-	LD	FrFi	mPIImPe	abrp
B1	-100	10YR 3/1	10YR 3/2	10YR 3/3	mr	2MPBS	-	LD	Fr	mPIPe	abrp
B2	-142	10YR 4/6	10YR 5/4	10YR 6/4	mr <sup>3/</sup>	21MBS	-	LD	Fr	mPIImPe	pc
B3	-160	10YR 5/4	10YR 7/4 <sup>1/</sup>	10 YR 7/4	mr <sup>3/</sup>	1MBS	-	LD	Fr	PIPe	co
BC	-185	10YR 5/4	10YR 7/4 <sup>2/</sup>	10 YR 7/4	mr <sup>3/</sup>	1BSMc	-	-	-	PIPe	abr
Cr	-190 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ mosqueado pouco distinto (10 YR 5/2). 2/ Mosqueado (10 YR 5/2) úmido e (10YR 7/4) seco. 3/ com cascalhos pequenos desarestados.

## Quadro 2A - Perfil 2 (P2) Descrição de campo

Classificação: Alissolo Crômico Argilúvico típico intermediário para Espodossolo Ferrocárbico Órtico argilúvico.

Localização, Município, Estado e Coordenadas: Município de Sobradinho, a 5 km da cidade em direção Cachoeira do Sul, via Cerro Branco, R.S. 29°27'S e 53°03' WGr.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal Sobre o Perfil: Descrito e coletado em barranco de estrada, no terço médio de encosta, com declive aproximado de 18% e cobertura vegetal pastagem.

Altitude: 570 metros

Litologia e Cronologia: Riodacitos do Juro-Cretáceo.

Formação Geológica: Serra Geral.

Material Originário: Riodacitos da Formação acima citado

Pedregosidade e Rochosidade: Não pedregosa e não rochosa.

Relevo Local: Forte ondulado.

Relevo Regional: Forte ondulado.

Erosão: Não aparente.

Drenagem: Moderadamente drenado.

Vegetação Primária: Floresta subtropical com araucária.

Uso Atual: Pastagem.

Clima: Cfa, da classificação de Köppen.

Raízes: Muitas finas até o horizonte A3, comuns e finas no Bt1, poucas no Bt2 e raras até o horizonte BC2.

Descrito e Coletado por: Isaias Oenning e Jaime A. Almeida. Data: 07/01/2000.

Símb.	Horizonte		Cor			Textura			Consistência			Transição
	Prof. (cm)	Úmido	Seco	Seco tritur.	Classe	Estrutura	Cerosidade	Seca	Úmida	Molhada		
Ap	0-12	10YR 4/3	10YR 6/3	10YR 5/4	frs	Mc12GBS	-	D	Fi	PIPe	gp	
A2	-26	10YR 4/3	10YR 6/3	10YR 5/4	frs	Mc12MGBS	-	D	Fi	PIPe	cp	
A3	-40	10YR 4/4	10YR 5/3	10YR 4/4	r	Mc12MGBS	-	D	Fi	PIPe	cp	
Bt1	-60	7,5YR 3/2	7,5YR 4/2	-	r	Mc12MGBS	-	D	Fr	PIPe	cp	
Bt2	-78	7,5YR 3/4	7,5YR 4/4	-	mr	3MPBSBA	1p	mD	Fr	PIPe	cp	
BC1	-118	5YR 4/6	5YR 5/6	-	r	3MPBSBA	3a	mD	Fr	PIPe	gp	
BC2	-150	5YR 4/6	5YR 6/6	-	rs	3MBS	3a	mD	Fr	PIPe	gp	
BCr	-160/180	7,5YR 5/4	7,5YR 6/4	-	frs	21GBABS	2c	D	Fr	PIPe	cp	
Cr	-160/180 <sup>+</sup>	7,5YR6/2 <sup>1/</sup>	-	-	frs	1GBABS	-	D	Fr	PIPe	abro	

<sup>1/</sup>coloração variegada (7,5YR 5/4)

Fragmentos de rocha comuns (0,5 a 3 cm de diâmetro) no Bt1 e raros no Bt2 e BC1. Cutãs escurecidos nas faces horizontais no BC1 e BC2.

Quadro 3A. Fracionamento do carbono orgânico total (COT) em ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HU), diversas relações entre as frações e densidade ótica dos solos estudados

Hor.	Prof. cm	COT dag/kg	AH -----	AF % do COT	HU -----	(AH+AF)/		AH+AF	(AH+AF)/		DO
						AH/AF	COT		HU	DO	
<b>P1</b>											
Ap	0-8	3,34	32,81	17,62	31,33	1,86	0,50	1,68	1,61	0,53	
Ap	-16	2,68	30,39	18,82	30,70	1,61	0,49	1,32	1,60	0,54	
Ap	-21	2,00	33,21	23,41	31,22	1,42	0,57	1,13	1,81	0,45	
A2	-26	2,20	26,50	19,81	22,90	1,34	0,46	1,02	2,02	0,44	
A2	-31	1,88	31,20	22,70	18,14	1,37	0,54	1,01	2,97	0,34	
A2	-36	1,68	34,42	20,43	21,33	1,68	0,55	0,92	2,57	0,47	
A2	-41	1,67	33,53	20,32	14,98	1,65	0,54	0,90	3,60	0,43	
A2	-46	1,59	36,50	21,06	20,14	1,73	0,58	0,91	2,86	0,35	
A2	-51	1,51	38,42	19,76	22,43	1,94	0,58	0,88	2,59	0,41	
A2	-56	1,38	38,50	20,71	14,72	1,86	0,59	0,82	4,02	0,35	
A2	-61	1,22	41,73	25,45	15,97	1,64	0,67	0,82	4,21	0,38	
AB	-66	1,20	39,69	19,75	16,98	2,01	0,59	0,71	3,50	0,37	
AB	-71	1,11	45,68	20,69	11,51	2,21	0,66	0,74	5,77	0,33	
AB	-76	1,22	41,89	18,51	16,70	2,26	0,60	0,74	3,62	0,37	
B1	-81	1,17	60,36	22,51	17,15	2,68	0,83	0,97	4,83	0,77	
B1	-86	1,59	50,71	17,41	14,34	2,91	0,68	1,08	4,75	0,91	
B1	-91	1,51	47,43	15,09	9,50	3,14	0,63	0,94	6,58	0,76	
B1	-100	1,31	40,08	15,88	14,16	2,52	0,56	0,73	3,95	0,53	
B2	-110	0,87	26,46	14,21	9,80	1,86	0,41	0,35	4,15	0,26	
B2	-120	0,83	33,15	15,24	9,82	2,17	0,48	0,40	4,93	0,26	
B2	-142	0,61	28,43	16,63	24,62	1,71	0,45	0,27	1,83	0,35	
B3	-160	0,62	22,06	13,71	0,81	1,61	0,36	0,22	-	0,19	
BC	-185	0,50	28,19	14,10	0,00	2,00	0,42	0,21	-	0,22	
Cr	-190 <sup>+</sup>	0,28	18,33	13,56	0,27	1,35	0,32	0,09	-	0,16	
<b>P2</b>											
Ap	0-12	1,98	31,28	17,86	32,50	1,75	0,49	0,97	1,51	0,45	
A2	-26	1,74	43,79	18,44	19,58	2,37	0,62	1,08	3,18	0,52	
A3	-40	1,85	43,33	16,23	16,99	2,67	0,60	1,10	3,51	0,54	
Bt1	-60	1,88	42,32	17,40	11,45	2,43	0,60	1,12	5,22	0,84	
Bt2	-78	0,86	51,59	25,55	14,57	2,02	0,77	0,66	5,29	0,35	
BC1	-118	0,50	22,44	24,75	21,28	0,91	0,47	0,24	2,22	0,23	
BC2	-150	0,31	16,55	22,78	62,71	0,73	0,39	0,12	0,63	0,22	
BCr	-160	0,15	16,58	35,53	31,66	0,47	0,52	0,08	1,65	0,17	
Cr	-180 <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

DO = Densidade ótica,  $\lambda = 430$  nm.

Quadro 4A. Equações de regressão ajustadas para os teores de Fe e Al extraídos por Ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (-d), Oxalato de amônio (-o) e Pirofosfato de sódio (-p) em função dos teores de carbono orgânico total (COT), ácidos fúlvicos(AF), ácidos húmicos(AH), humina(H), das relações entre eles e da densidade óptica ( $\lambda$  430 nm) obtidos para o perfil 1

Função	Equação Regressão	R <sup>2</sup>
Fed = f(COT)	$\hat{Y} = -0,132 + 3,941^{**} X^{0,5} - 1,348^{**} X$	0,524
Fed = f(AF)	$\hat{Y} = 0,645 + 6,430^{*} X^{0,5} - 5,000^{*} X$	0,450
Fed = f(AH)	$\hat{Y} = 0,493 + 5,607^{**} X^{0,5} - 3,615^{**} X$	0,467
Fed = f(H)	$\hat{Y} = 2,105 + 2,374^{**} X - 1,822^{*} X^2$	0,302
Fed = f(AH/AF)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Fed = f(AF+AH)	$\hat{Y} = 0,584 + 4,130^{**} X^{0,5} - 2,043^{*} X$	0,451
Fed = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -12,650 + 40,308^{**} X^{0,5} - 26,498^{**} X$	0,427
Fed = f(DO)	$\hat{Y} = -1,982 + 12,961^{**} X^{0,5} - 8,900^{**} X$	0,397
Feo = f(COT)	$\hat{Y} = -0,183 + 0,734^{**} X - 0,165^{**} X^2$	0,747
Feo = f(AF)	$\hat{Y} = -0,078 + 3,467^{**} X - 4,460^{**} X^2$	0,697
Feo = f(AH)	$\hat{Y} = -0,075 + 1,593^{**} X - 0,916^{**} X^2$	0,862
Feo = f(H)	$\hat{Y} = 0,066 + 1,374^{**} X^{0,5} - 0,940^{**} X$	0,530
Feo = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 4,550 - 6,275^{*} X^{0,5} - 2,360^{*} X$	0,363
Feo = f(AF+AH)	$\hat{Y} = -0,087 + 1,116^{**} X - 0,453^{**} X^2$	0,830
Feo = AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -1,063 + 4,343^{**} X - 2,765^{*} X^2$	0,624
Feo = f(DO)	$\hat{Y} = -0,952 + 3,101^{**} X^{0,5} - 1,361^{*} X$	0,809
Fep= f(COT)	$\hat{Y} = -0,957 + 1,960^{**} X^{0,5} - 0,628^{**} X$	0,755
Fep= f(AF)	$\hat{Y} = -0,127 + 3,398^{**} X - 4,062^{**} X^2$	0,825
Fep= f(AH)	$\hat{Y} = -0,088 + 1,530^{**} X - 0,871^{**} X^2$	0,822
Fep= f(H)	$\hat{Y} = 0,003 + 1,414^{**} X^{0,5} - 0,890^{**} X$	0,665
Fep= f(AH/AF)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Fep= f(AF+AH)	$\hat{Y} = -0,099 + 1,029^{**} X - 0,387^{**} X^2$	0,837
Fep= f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -3,541 + 9,095^{*} X^{0,5} - 4,992^{0} X$	0,586
Fep= f(DO)	$\hat{Y} = -1,767 + 5,791^{**} X^{0,5} - 3,566^{**} X$	0,696
Feo/Fed = f(COT)	$\hat{Y} = -0,039 + 0,254^{**} X - 0,059^{**} X^2$	0,605
Feo/Fed = f(AF)	$\hat{Y} = -0,260 + 1,602^{**} X^{0,5} - 1,354^{**} X$	0,592
Feo/Fed = f(AH)	$\hat{Y} = -0,008 + 0,555^{**} X - 0,315^{**} X^2$	0,769
Feo/Fed = f(H)	$\hat{Y} = 0,042 + 0,503^{**} X^{0,5} - 0,369^{**} X$	0,448
Feo/Fed = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 1,714 - 2,392^{*} X^{0,5} + 0,912^{*} X$	0,466
Feo/Fed = f(AF+AH)	$\hat{Y} = -0,013 + 0,400^{**} X - 0,166^{**} X^2$	0,723
Feo/Fed = f(AF+AH)/COT)	$\hat{Y} = -0,284 + 1,204^{*} X - 0,635 X^2$	0,632
Feo/Fed = f(DO)	$\hat{Y} = 0,028 + 0,347^{**} X$	0,771

continuação 4A

Função	Equação Regressão	R <sup>2</sup>
Ald = f(COT)	$\hat{Y} = -0,391 + 1,625^{**} X^{0,5} - 0,657^{**} X$	0,456
Ald = f(AF)	$\hat{Y} = -0,486 + 4,301^{**} X^{0,5} - 4,131^{**} X$	0,693
Ald = f(AH)	$\hat{Y} = 0,320 + 0,900^{**} X - 0,702^{**} X^2$	0,339
Ald = f(H)	$\hat{Y} = 0,630 - 0,165^* X$	0,230
Ald = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 0,350 + 0,115^{**} X$	0,447
Ald = f(AF+AH)	$\hat{Y} = -0,378 + 2,217^{**} X^{0,5} - 1,237^{**} X$	0,473
Ald = (AF+AH)/COT	$\hat{Y} = 0,204 + 0,657^{**} X$	0,523
Ald = f(DO)	$\hat{Y} = 0,462 + 0,253^{**} X$	0,255
Ald = f(AH+AF)/H	$\hat{\lambda} = 0,338 + 0,098^* X - 0,007 X^2$	0,517
Alo = f(COT)	$\hat{Y} = -1,139 + 3,559^{**} X^{0,5} - 1,471^{**} X$	0,480
Alo = f(AF)	$\hat{Y} = -1,338 + 9,360^{**} X^{0,5} - 9,137^{**} X$	0,678
Alo = f(AH)	$\hat{Y} = 0,384 + 1,947^{**} X - 1,543^{**} X^2$	0,300
Alo = f(H)	$\hat{Y} = 1,073 - 0,446^{**} X$	0,314
Alo = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 0,336 + 0,301^{**} X$	0,575
Alo = f(AF+AH)	$\hat{\lambda} = -1,139 + 4,878^{**} X^{0,5} - 2,759^{**} X$	0,437
Alo = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -0,014 + 1,661^{**} X$	0,629
Alo = f(DO)	$\hat{Y} = 0,231 + 4,767^0 X^{0,5} + 3,931^* X$	0,404
Alo = f(AH+AF)/H	$\hat{Y} = 0,568 + 0,104^{**} X$	0,541
Alp = f(COT)	$\hat{Y} = -0,116 + 1,081^{**} X - 0,276^{**} X^2$	0,699
Alp = f(AF)	$\hat{Y} = -0,012 + 5,542^{**} X - 8,128^{**} X^2$	0,723
Alp = f(AH)	$\hat{Y} = 0,014 + 2,493^{**} X - 1,741^{**} X^2$	0,763
Alp = f(H)	$\hat{Y} = 0,189 + 2,315^{**} X^{0,5} + 1,944^{**} X$	0,589
Alp = f(AH/AF)	$\hat{\lambda} = 5,055 - 6,891^0 X^{0,5} + 2,685^* X$	0,404
Alp = f(AF+AH)	$\hat{Y} = -0,007 + 1,768^{**} X - 0,860^{**} X^2$	0,772
Alp = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -1,129 + 5,002^{**} X - 2,785^0 X^2$	0,711
Alp = f(DO)	$\hat{Y} = -0,019 + 2,322^{**} X - 1,090^0 X^2$	0,717
Alp = f(AH+AF)/H	$\hat{Y} = 0,565 + 0,066^* X$	0,196

\*\* , \* , ° significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 5A. Equações de regressão ajustadas para os teores de Fe e Al extraídos por Ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (-d), Oxalato de amônio (-o) e Pirofosfato de sódio (-p) em função dos teores de carbono orgânico total (COT), ácidos fúlvicos(AF), ácidos húmicos(AH), humina(H), das relações entre eles e da densidade ótica ( $\lambda$  430 nm) obtidos para o perfil 2

Função	Equação Regressão	R <sup>2</sup>
Fed = f(COT)	$\hat{Y} = 3,832 - 0,281 * X$	0,411
Fed = f(AF)	$\hat{Y} = 3,862 - 1,609^0 X$	0,332
Fed = f(AH)	$\hat{Y} = 3,740 - 0,519^0 X$	0,269
Fed = f(H)	$\hat{Y} = 3,885 - 1,525^{**} X$	0,704
Fed = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 3,763 - 0,154 X$	0,148
Fed = f(AF+AH)	$\hat{Y} = 3,775 - 0,400^0 X$	0,289
Fed = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Fed = f(AF+AH)/H	$\hat{Y} = 3,842 - 0,394 X + 0,073 X^2$	0,352
Fed = f(DO)	$\hat{Y} = 4,537 - 4,820 * X + 4,505 * X^2$	0,485
Feo = f(COT)	$\hat{Y} = 0,050 + 0,142^{**} X$	0,869
Feo = f(AF)	$\hat{Y} = - 0,015 + 0,903^{**} X$	0,870
Feo = f(AH)	$\hat{Y} = 0,061 + 0,340^{**} X$	0,962
Feo = f(H)	$\hat{Y} = - 0,007 + 1,567 * X - 1,806^0 X^2$	0,539
Feo = f(AH/AF)	$\hat{Y} = - 0,006 + 0,132^{**} X$	0,905
Feo = f(AF+AH)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Feo = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = - 1,383 + 5,143^0 X - 3,941^0 X^2$	0,534
Feo = f(AF+AH)/H	$\hat{Y} = 0,076 + 0,047 * X$	0,473
Feo = f(DO)	$\hat{Y} = 0,008 + 0,511^{**} X$	0,913
Fep= f(COT)	$\hat{Y} = - 0,013 + 0,061 * X$	0,570
Fep= f(AF)	$\hat{Y} = - 0,025 + 0,371 * X$	0,528
Fep= f(AH)	$\hat{Y} = - 0,011 + 0,015^{**} X$	0,682
Fep= f(H)	$\hat{Y} = - 0,031 + 0,684 X - 0,874 X^2$	0,303
Fep= f(AH/AF)	$\hat{Y} = - 0,439 + 0,061^{**} X$	0,689
Fep= f(AF+AH)	$\hat{Y} = - 0,016 + 0,109^{**} X$	0,650
Fep= f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = - 0,670 + 2,339 X - 1,767 X^2$	0,406
Fep = f(AF+AH)/H	$\hat{Y} = - 2,150 + 2,726 * X$	0,559
Fep= f(DO)	$\hat{Y} = - 0,053 + 0,265^{**} X$	0,881
Feo/Fed = f(COT)	$\hat{Y} = 0,010 + 0,045^{**} X$	0,941
Feo/Fed = f(AF)	$\hat{Y} = 0,286^{**} X$	0,922
Feo/Fed = f(AH)	$\hat{Y} = 0,015 + 0,106^{**} X$	0,987
Feo/Fed = f(H)	$\hat{Y} = - 0,011 + 0,501 * X - 0,551 * X^2$	0,664
Feo/Fed = f(AH/AF)	$\hat{Y} = - 0,004 + 0,040^{**} X$	0,886
Feo/Fed = f(AF+AH)	$\hat{Y} = 0,010 + 0,078^{**} X$	0,985
Feo/Fed = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = - 0,456 + 1,702^0 X - 1,336^0 X^2$	0,514
Feo/Fed = f(DO)	$\hat{Y} = - 0,056 + 0,439^{**} X - 0,296^{**} X^2$	0,975
Feo/Fed = f(AF+AH)/H	$\hat{Y} = 0,028 + 0,012^0 X$	0,313

continuação 5A

Função	Equação Regressão	R <sup>2</sup>
Ald = f(COT)	$\hat{Y} = 0,219 + 0,763^0 X - 0,322^0 X^2$	0,373
Ald = f(AF)	$\hat{Y} = 0,074 + 5,308^* X - 1,085^0 X^2$	0,491
Ald = f(AH)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Ald = f(H)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Ald = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 0,339 + 0,096^0 X$	0,281
Ald = f(AF+AH)	$\hat{Y} = 0,304 + 0,851 X - 0,592 X^2$	0,283
Ald = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = -0,014 + 0,918^* X$	0,470
Ald = f(DO)	$\hat{Y} = 0,333 + 0,396^0 X$	0,325
Ald = f(AH+AF)/H	$\hat{Y} = 0,259 + 0,082^{**} X$	0,842
Alo = f(COT)	$\hat{Y} = 0,219 + 0,352^0 X - 0,158^0 X^2$	0,310
Alo = f(AF)	$\hat{Y} = 0,148 + 2,577^* X - 6,255^* X^2$	0,435
Alo = f(AH)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Alo = f(H)	$\hat{Y} = 0,374 - 0,179 X$	0,204
Alo = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 0,282 + 0,028 X$	0,107
Alo = f(AF+AH)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Alo = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} = 0,157 + 0,310 X$	0,229
Alo = f(DO)	$\hat{Y} = 0,379 - 0,407 X + 0,557 X^2$	0,307
Alo = f(AH+AF)/H	$\hat{Y} = 0,503 - 0,363^0 X^{0,5} + 0,144^* X$	0,740
Alp = f(COT)	$\hat{Y} = 0,166 + 0,054 X$	0,187
Alp = f(AF)	$\hat{Y} = 0,508 + 1,989 X - 4,214 X^2$	0,244
Alp = f(AH)	$\hat{Y} = 0,206 - 0,400 X + 0,665 X^2$	0,423
Alp = f(H)	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Alp = f(AH/AF)	$\hat{Y} = 0,312 - 0,279 X + 0,112^0 X^2$	0,592
Alp = f(AF+AH)	$\hat{Y} = 0,159 + 0,103 X$	0,238
Alp = f(AF+AH)/COT	$\hat{Y} =$ Não significativo	
Alp = f(DO)	$\hat{Y} = 0,115 + 0,273^0 X$	0,385
Alp = f(AH+AF)/H	$\hat{Y} = 0,133 + 0,033^0 X$	0,337

\*\* , \* , ° significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

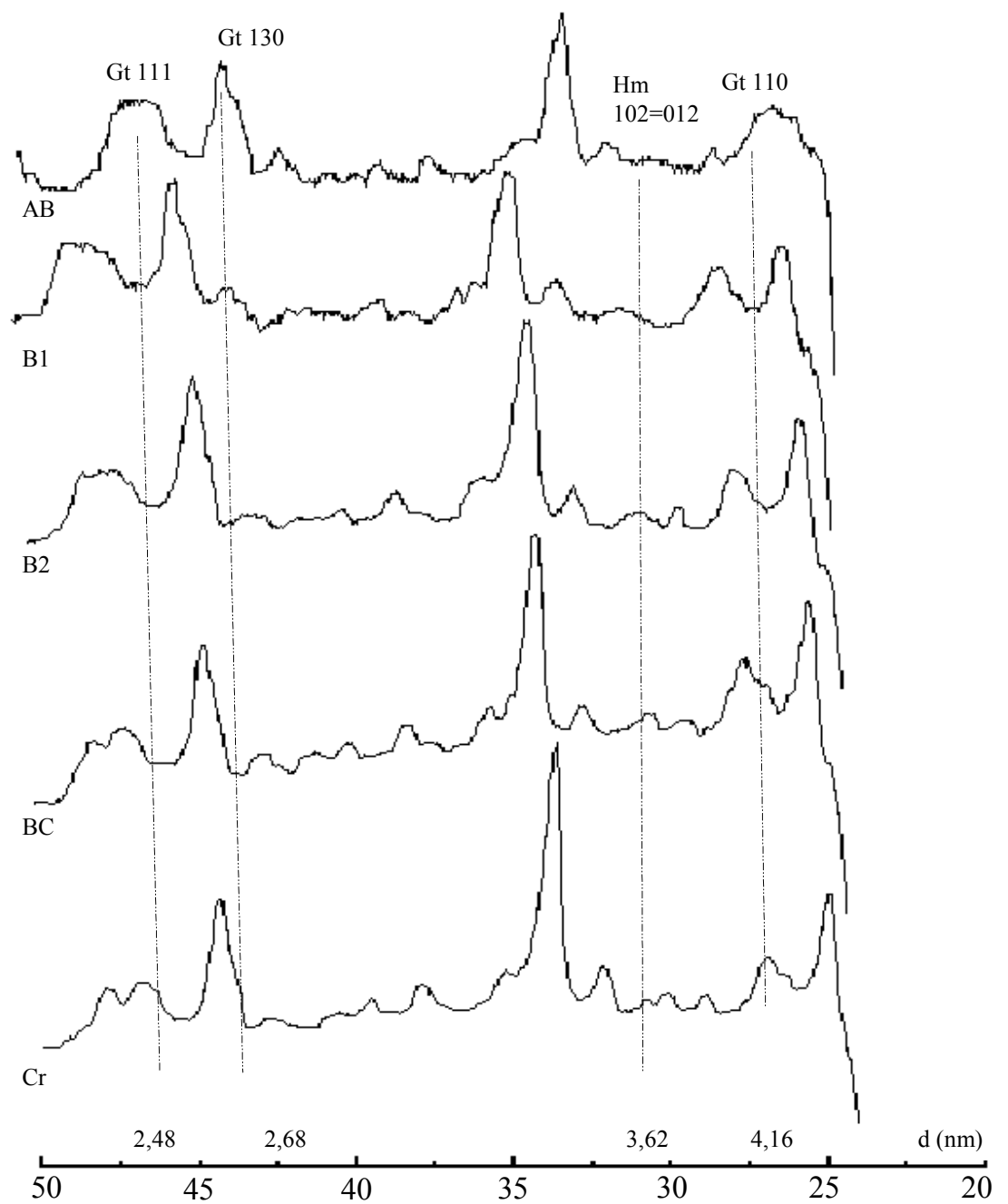


Figura 1A – Difractometria de raio-x da fração argila após concentração dos óxidos de Ferro com NaOH 5 mol/L de horizontes selecionados do solo P1.  
Gt - Goethita e Hm - Hematita

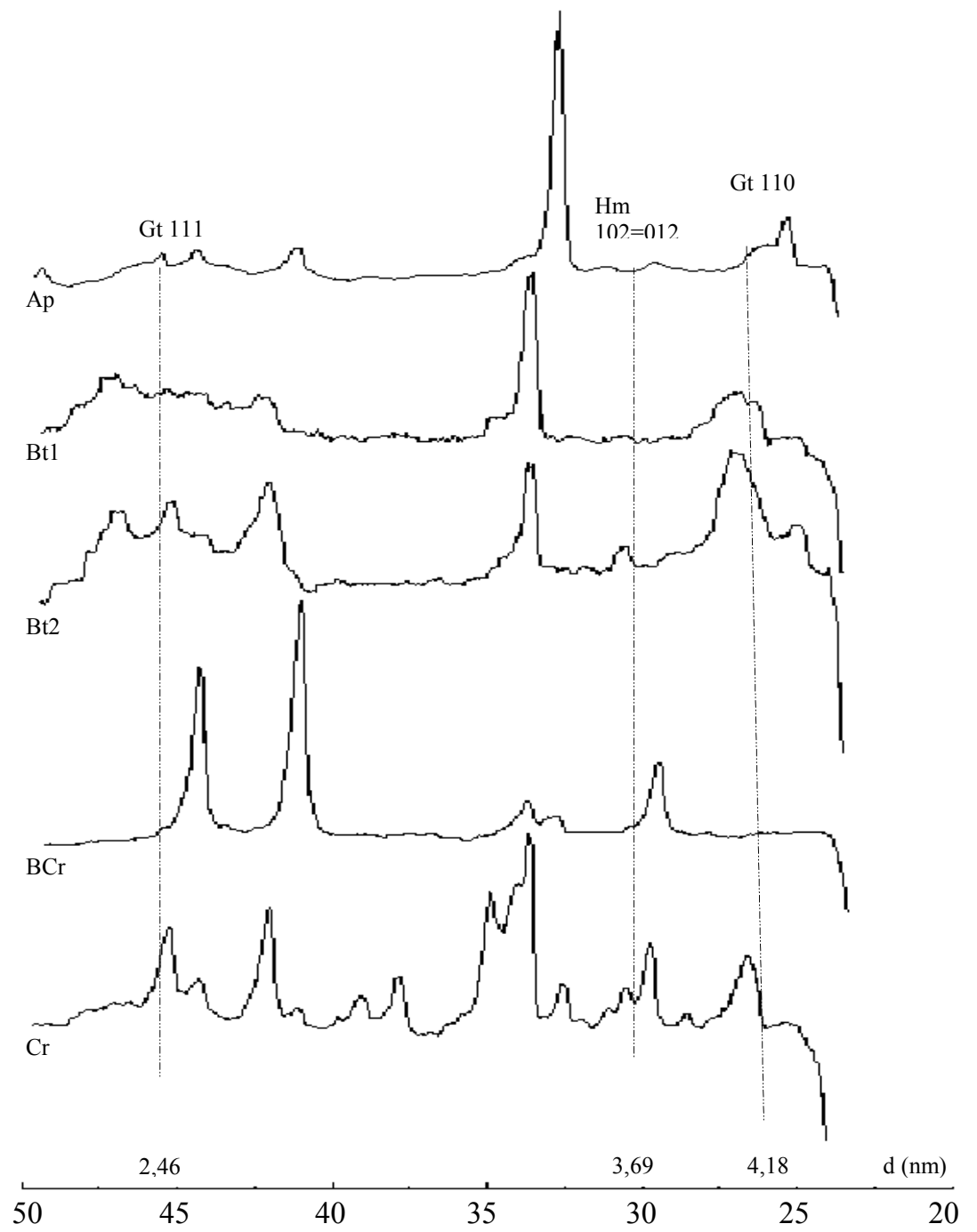


Figura 2A – Difractometria de raio-x da fração argila após concentração dos óxidos de Ferro com NaOH 5mol/L de horizontes selecionados do solo P2.  
Gt - Goethita e Hm - hematita

Perfis correspondentes ao “Projeto Podzólico Bruno-Acinzentado” (PBA)  
do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA (1980)

Perfil 1 Proj. PBA. Descrição de campo

Classificação: Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

Localização: 13,5 Km de Itaiópolis em direção a Dr. Pedrinho, 500 m antes do entroncamento para Papanduva. Mun. De Itaiópolis, SC. Aproximadamente a 49°53'W e 26°27'S.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o perfil: Terço superior de flanco de outeiro. Altitude: 960 m.

Litologia e cronologia: Folhelhos com intercalação de siltito. Grupo Tubarão, Subgrupo Guatá, Permiano.

Material Originário: Produtos de alteração das rochas supracitadas com influência de retrabalhamento.

Pedregosidade: Ausente. Rochosidade: Ausente.

Relevo local: Suave ondulado. Relevo Regional: Suave ondulado formado por elevações de topos achatados pendentes retas e vales em V.

Erosão: Não aparente. Drenagem: Moderada.

Vegetação primária: Floresta sub tropical perenifólia.

Uso atual: Plantio de milho em área recém desbravada e cultura de trigo em outros locais. Clima: Cfb ?

Raízes: Predominantemente fasciculares, algumas lenhosas de 3 a 10 mm de diâmetro; abundante no A, comuns no B1, poucas no B2, decrescendo até a rocha.

Descrito e coletado por: Camargo, Olmos e Klinger. Data: 31/10/1980.

Horizontes	Cor	Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência			Transição		
					Úmido	Seco	Classe		Seca	Úmida
A	0 - 20	10YR 3/3	10YR 6/2	rs	2P e mPGr		LD	mFR	PI e mPe	cp
B1	20 - 33	10YR 3,5/3	-	rs	2mP e PBS	1c	mFR	PI	mPI e mPe	gp
B2t	33 - 60	9YR 4/3	-	r	3P e mBS	2a	mD	Fi	PI/mPI e mPe	gp
B3t	60 - 73	9YR 4,5/4	-	mr	3mP e PBS	2a	mD	Fi	PI e mPe	gp
C	73 - 90	6YR 4/4 <sup>1/</sup>	-	mr	2mPBS	2c	mD	FI	PI e mPe	

Observações: Perfil descrito com bastante umidade; O mosqueado do C1, é provavelmente da alteração da rocha; Amostras registradas no laboratório sob os nº 801473/77.

1/ mosqueado pouco e difuso ligeiramente mais avermelhado e mais brunado.

Perfil 1 Proj. PBA. Caracterização química e física

Horizonte		Fração Total			Fração < 2 mm							Densidade		
Símb.	Prof.	Calh.	Casc.	TFSA	AG	AF	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/ Argila	Apar.	Real	Poros. (vol.)
	cm	>20 mm	20-2 mm	<2 mm	2-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm				--- g/cm <sup>3</sup> --		%
A	0-20	0	tr	100	1	3	44	52	32	38	0,85			
BA	-33	0	tr	100	1	2	41	56	48	14	0,73			
Bt	-60	0	tr	100	1	2	38	59	41	31	0,64			
BC	-73	0	tr	100	1	2	34	63	45	29	0,54			
C	-90	2	4	94	1	1	37	61	42	31	0,61			

AG = areia grossa; AF = areia fina; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de floculação

Hor	pH (1;2,5)		Complexo sortivo										P assim.
	H <sub>2</sub> O	HCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T (soma)	Valor V (sat. bases)	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup>	
	-----meq/100g-----												ppm
A	4,8	3,5	4,5	1,0	0,42	0,10	6,0	12,8	7,2	26,	23	68	2
BA	4,9	3,4	2,8	0,3	0,26	0,10	3,5	17,4	4,3	25,2	14	83	1
Bt	4,8	3,5	2,2	0,5	0,27	0,08	3,1	18,9	3,4	25,4	12	86	1
BC	5,0	3,6	1,0	0,1	0,30	0,09	1,5	23,7	3,3	28,5	5	94	1
C	5,0	3,7		0,9	0,32	0,08	1,3	26,4	1,8	29,5	4	95	1

Hor.	CO	N	C/N	Ataque por						SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Equiv. CaCO <sub>3</sub>
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)			NaOH (0,8 %)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	(Ki)	(Kr)			
	-----%	-----		-----%									-----%	
A	2,39	0,36	7	23,6	12,6	4,2	0,49	0,04	0,17	3,18	2,63	4,70		
BA	2,28	0,27	8	26,6	13,9	4,8	0,54	0,03	0,14	3,25	2,66	4,56		
Bt	1,20	0,14	9	26,2	15,6	5,3	0,57	0,03	0,09	2,86	2,35	4,62		
BC	0,96	0,14	7	30,5	16,4	5,0	0,53	0,03	0,04	3,16	2,65	5,14		
C	0,58	0,13	4	30,8	17,4	5,4	0,54	0,03	0,05	3,01	2,51	5,05		

Hor	100 Na <sup>+</sup> / T	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas			
		CE	Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água disp. máx.
	%	mmhos/cm a 25 °C	%	----- meq/100 g de TFSA -----						----- % -----			
A	< 1												
BA	< 1												
Bt	< 1												
BC	< 1												
C	< 1												

CE = condutividade elétrica; EU = equivalente de umidade.

Perfil 1 Proj. PBA Análise Mineralógica

Horz.	Frações	quartzo*	conc. ferruginosa	frag. sílica	carvão	magnetita	detritos	rutilo	frag. opala	frag. arg. endurecido	epidoto	turmalina	ilmenita	mica branca
A	Cascalho	60%	20%	20%	tr									
	A. grossa	40%	30%				28%		2%					
	A. fina	60%	10%			2%	20%	tr	8%					
BA	Cascalho	50%	30%							20%				
	A. grossa	30%	60%				10%							
Bt	A. fina	78%				20%			2%		tr			
	Cascalho	50%	50%											
	A. grossa	60%	30%				2%		3%	5%				
BC	A. fina	85%	15%				tr	tr	tr		tr	tr	tr	
	Cascalho	60%	20%							20%				
	A. grossa	50%				20%			tr	30%				
C	A. fina	80%				5%				15%	tr			tr
	Calhaus	100%												
	Cascalho									100%				
	A. grossa	25%	10%							65%				
	A. fina	79%						tr	tr	20%		tr		1%

\* - grãos angulosos e subangulares

## Descrição micromorfológica

### Perfil 1 – Horizonte C

#### 1. Matriz S

##### 1.1 Grãos do esqueleto

Constituídos de quartzo em grãos angulosos de diâmetro de 0,5 mm; zircão e anatásio ocorrem em cristais eudrais.

##### 1.2. Plasma.

Pouco abundante, de coloração avermelhada, no contato com os vazios há um acúmulo de plasma formando cutans.

A fábrica plásmica é vo-masépica.

##### 1.3. Vazios

São do tipo canais, alguns bifurcados; alguns são originados por empacotamento.

#### 2. Caracteres pedológicos

Cutans e material glebular.

Ocorrem nódulos sesquioxídicos irregulares e algumas pápulas (glébulas argílicas).

Os cutans situam-se ao longo dos canais, alguns englobam caracteres pedológicos principalmente os nódulos.

Ocorrem alguns pedotúbulos do tipo isotúbulos.

A (NRDP) distribuição de base é plásmica granular.

## Perfil 2 Proj. PBA. Descrição de campo

Classificação: Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

Localização: km de Farroupilhas em direção a Caxias – Farroupilhas, RS. A 51°20'W e 27°13'S.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o perfil: Corte ao lado direito em terço médio de elevação com 20% de declividade, sob cobertura de gramíneas, ciperáceas e gravatá. Altitude: 700 m.

Litologia e cronologia: Basalto variolítico. Grupo São Bento; Juro-Cretáceo.

Material Originário: Cobertura de material retrabalhado oriundo da alteração das rochas supracitadas.

Pedregosidade: Ausente. Rochosidade: Ausente.

Relevo local: Ondulado. Relevo Regional: Forte ondulado com elevações de topos achatados, pendentes retas, vales em V.

Erosão: Não aparente. Drenagem: Moderada.

Vegetação primária: Floresta subtropical perenifólia.

Uso atual: Nenhum, na região culturas de videira e fruticultura de clima temperado. Clima: Cfb ?

Raízes: Predominantemente fasciculadas, muitas no A1, comuns no A2, diminuindo gradativamente.

Descrito e coletado por: Camargo, Olmos e Klinger. Data: 02/11/1980.

68

Símb.	Horizontes Prof. (cm)	Cor		Textura Classe	Estrutura	Cero- sidade	Consistência			Transição
		Úmido	Seco				Seca	Úmida	Molhada	
A1	0 - 10	10YR 2/2	10YR 5,5/2	rs	2mP a mGr		Ma	mFr	PI e Pe	cp
A2	10 - 30	9YR 3,5/4	9YR 5/3	r	2mP e PBS		LD	Fr	PI e mPe	cp
B21	30 - 68	9YR 3/2,5	9YR 4/3	mr	2mP e PBS	1c	D	Fr	PI e mPe	dp
B22	68 - 105	8YR 4/4	-	mr	3PBS e BA	2a	mD	Fi	PI e mPe	ci
B3	105 - 125	6YR 4/4 <sup>1/</sup>	-	r	2P e mPBA e BS	2c	mD	Fi	PI e mPe	co
C	125 - 160	variegada <sup>2/</sup>	-							

Observações: Perfil descrito úmido; Presença de fragmentos de rocha bastante alterados no B3; Amostras registradas no laboratório sob os nº 801475/83.

1/ mosqueado bruno escuro em algumas áreas de cerosidade (7,5 YR 3/2); 2/ cor variegada: 2,5 YR 4/8; 2,5 YR N/6; 10 YR 6/6.

Perfil 2 Proj. PBA. Caracterização química e física

Horizonte		Fração Total			Fração < 2 mm							Densidade		Poros. (vol.)
Simb.	Prof.	Calh. >20 mm	Casc 20-2 mm	TFSA <2 mm	AG 2-0,20 mm	AF 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm	ADA	GF	Silte/Argila	Apar.	Real	
cm		----- % -----												
A1	0-10	0	1	99	9	7	42	42	29	31	1,00	0,93	2,41	61
A2	-30	0	tr	100	7	6	34	53	38	28	0,64	0,98	2,47	60
B21	-68	0	tr	100	5	5	25	65	41	37	0,38	1,15	2,56	55
B22	-105	0	tr	100	3	5	26	66	15	77	0,39	1,26	2,63	52
B3	-125	0	tr	100	7	6	28	59	0	100	0,47	1,25	2,63	53
C	-160	0	tr	100	20	12	37	31	27	13	1,19			

AG = areia grossa; AF = areia fina; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de floculação.

Hor.	pH (1;2,5)		Complexo sortivo								Valor T (soma)	Valor V (sat. bases)	100 Al <sup>3+</sup> / S + Al <sup>3+</sup>	P assim. ppm		
	H <sub>2</sub> O	HCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>							
													----- meq/100g -----		----- % -----	
A1	5,6	4,5	9,5	1,2	0,68	0,08	11,5	0,1	8,9	20,5	56	1	4			
A2	5,4	4,8	4,3	0,3	0,19	0,07	4,9	3,0	7,3	15,2	32	38	1			
B21	5,1	3,8		0,9	0,15	0,08	1,1	7,5	8,9	17,5	6	87	1			
B22	4,8	3,8		0,3	0,10	0,06	0,5	7,0	4,4	11,9	4	93	1			
B3	4,7	3,8		0,3	0,14	0,05	0,5	6,9	3,7	11,1	5	93	1			
C	5,0	3,9		0,5	0,19	0,12	0,8	12,0	2,8	15,6	5	94	1			

Hor.	CO	N	C/N	Ataque por						SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Equiv. CaCO <sub>3</sub>
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)			NaOH (0,8 %)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	(Ki)	(Kr)			
													----- % -----	
A1	3,25	0,32	10	16,8	11,6	6,7	1,18	0,10	0,11	2,46	1,80	2,71		
A2	1,66	0,20	8	18,6	14,5	7,4	1,22	0,07	0,06	2,18	1,64	3,07		
B21	1,46	0,16	9	23,2	19,3	8,5	1,33	0,08	0,06	2,04	1,60	3,56		
B22	0,86	0,11	8	24,4	20,6	8,9	1,33	0,05	0,05	2,01	1,58	3,63		
B3	0,56	0,10	6	26,2	20,5	9,1	1,36	0,05	0,06	2,17	1,69	3,53		
C	0,50	0,07	7	23,5	18,2	12,2	1,45	0,07	0,09	2,20	1,54	2,34		

Hor	100 Na <sup>+</sup> /T	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas				
		CE	Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água	
		mmhos/cm a 25 °C	%	----- meq/100 g de TFSA -----						1/3 atm		15 atm	disp. máx.	EU
													----- % -----	
A1	< 1													33,7
A2	< 1													30,7
B21	< 1													33,0
B22	< 1													34,0
B3	< 1													35,8
C	< 1													40,0

CE = condutividade elétrica; EU = equivalente de umidade.

Perfil 2 Proj. PBA Análise Mineralógica

Horz.	Frações	quartzo*	conc. ferruginoss	frag. sílica	frag. rocha	carvão	magnetita	detritos	rutilo	frag. arg. endurecido
A1	Cascalho		10%	40%**	30%					10%
	A. grossa	20%	20%			10%	2%			48%
	A. fina	20%						15%		65%
A2	Cascalho		30%							
	A. grossa	35%			20%		5%			40%
B21	A. fina									
	Cascalho	40%	20%		30%					10%
	A. grossa	35%	20%		10%		5%			30%
B22	A. fina	50%					5%			45%
	Cascalho	50%	50%		25%					20%
	A. grossa	40%	15%							
B3	A. fina	55%					5%			40%
	Cascalho	45%	15%		40%					
	A. grossa	10%			78%		2%			10%
C	A. fina	20%					2%		tr	78%
	Cascalho	58%			40%					2%
	A. grossa	5%			89%		1%			5%
	A. fina	30%					10%			60%

\* - grãos angulosos e subangulares

\*\* - fragmentos de sílica, opala, calcedônea e quartzo de rochas eruptivas

## Descrição micromorfológica

### Perfil 2

#### 1. Matriz S

##### Horizonte B21

###### 1.1. Grãos do esqueleto

Constituídos quase essencialmente de grãos de quartzo, com granulometria menor do que 0,1 mm de diâmetro, poucos grãos atingem 0,5 mm, alguns aglomerados atingem 2 mm. Feldspato alcalino microclina atingindo 0,1 mm de comprimento, maclada segundo as leis de albita e periclina.

###### 1.2. Plasma

Pouco abundante, ocorre em luz natural, de coloração avermelhada, variando a tonalidade em direção aos bordos, onde ocorre mais escuro.

A fábrica plásmica é argilasépica.

###### 1.3. Vazios

Os vazios são transpedais e atravessam o material de solo. Alguns metavazios possuem argilans com orientação contínua.

#### 2. Caracteres pedológicos

##### 2.1. Cutans e material glebular

Os cutans ocorrem associados aos grãos, envolvendo-os são argilans e ferriargilans.

Ao longo dos canais ocorrem neoferrans.

Os nódulos sesquioxídicos são difusos.

Ocorrem pédodos (semelhantes a drusas).

A orientação de base é do tipo fortemente orientada com estrias.

A (NRDP) relativa distribuição de base é aglomeroplásmica.

##### Horizonte B22

#### 1. Matriz S

### 1.1. Grãos do esqueleto

Observam-se grãos de quartzo com granulometria menor do que 0,1 mm de diâmetro, poucos atingindo 0,3 mm.

Os grãos são angulosos e subangulosos. Alguns grãos de feldspatos ocorrem fortemente alterados em gibbsita.

### 1.2. Plasma

Coloração amarelada; no contato com os canais há uma individualização do plasma formando os cutans, de coloração amarelo-acastanhada.

### 1.3. Vazios

Ocorrem “Vughs” (vazios grandes), vazios de empacotamento e canais.

## 2. Caracteres pedológicos

### 2.1. Cutans e material glebular

Os cutans são do tipo argilans e ferriargilans.

Os cutans ou argilans de iluviação podem ser notados ao longo de canais, evidenciando umas linhas escuras de extinção que atravessam o material cutânico, mostrando uma forte orientação contínua.

Alguns ferrans ocorrem formando segregações que constituem os nódulos sesquioxídicos.

Agregados microcristalinos de gibbsita formam a cristalária gibbsítica.

Ocorrem alguns pedotúbulos.

A estrutura plásmica ocorre com fábrica de tipo argilasépica.

A (NRDP) distribuição de base é plásmica granular.

## Horizonte B3

### 1. Matriz S

#### 1.1. Grãos do esqueleto

Constituídos quase essencialmente de grãos de quartzo, que ocorrem granulometria menor do que 0,1 mm de diâmetro, angulosos e subangulosos; subordinadamente ocorre feldspato alcalino e anfibólio muito cloritizado.

Os acessórios são rutilo, zircão e anatásio.

## 1.2. Plasma

Coloração amarelada, em luz natural; no contato com os canais há uma individualização do plasma, formando os cutans.

Neste horizonte há uma diminuição de plasma e um aumento de caracteres pedológicos, em comparação com o horizonte sobrejacente.

Observam-se no plasma alguns neoestrians.

## 1.3. Vazios

Ocorrem canais e ortovazios.

## 2. Caracteres pedológicos

### 2.1. Cutans e material glebular

Os cutans são do tipo argilans e ferriargilans, alguns envolvem grãos do esqueleto e apresentam forte orientação, outros atapetam cavidades e canais.

Cutans de iluviação ao longo dos canais, muito orientados.

Nódulos sesquixídicos atingindo mais de 0,5 mm ocorrem dispersos no plasma, sendo alguns difusos.

Cristalária gibbsítica constituída de gibbsita e de sesquans.

Pápula caulínica com  $\pm 0,5$  mm de comprimento.

Níveis de organização:

O plasma é birrefringente com orientação estriada, ocorrendo zonas com neoestrians associados a vazios.

A (NRDP) distribuição de base é plásmica granular ou graniplásmica.

Interpretação

Os caracteres pedológicos são abundantes em todos os horizontes.

Os nódulos sesquioxídicos podem ser originados de minerais ferromagnesianos, possivelmente anfibólio, encontrado no horizonte B. A cristalária gibbsíticas possivelmente da biotita.

Os cutans de iluviação são nitidamente observados no B22, onde ocupam 20% da área, ocorrendo também no B3, porém em muito menor quantidade.

Observa-se que há um acúmulo de argila por translocação vertical dos horizontes superiores.

O próprio plasma apresenta argilans orientados.

A (NRDP) distribuição de base é plásmica nos horizontes de fábrica argilasépica e graniplásmica no B3.

### Perfil 3 Proj. PBA. Descrição de campo

Classificação: Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

Localização: Estrada Santa Maria – São Pedro, 7 km após o rio Ibicui Mirim. Santa Maria – RS. A54°9'W e 29°27'S.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o perfil: Terço superior de elevação com 7 a 8% de declividade, sob cobertura de gramíneas. Altitude: 230 m

Litologia e cronologia: Siltitos e argilitos, subgrupo Rio do Rastro; Triássico.

Material Originário: Cobertura de material argilo-arenoso sobre argilitos e siltitos.

Pedregosidade: Ausente. Rochosidade: Ausente.

Relevo local: Suave ondulado. Relevo Regional: Suave ondulado formado por elevações de topos aplainados, pendentes retas e vales em V.

Erosão: Laminar ligeira. Drenagem: Moderada.

Vegetação primária: Campo subtropical.

Uso atual: Pastagem plantada de azevém. Clima: Cfa ?

Raízes: Fasciculares finas, abundantes no A1p, comuns no A12 e B21, decrescendo até o IIB3, sendo praticamente ausente no IIB3.

Descrito e coletado por: Camargo, Olmos e Klinger. Data: 02/11/1980.

95

Símb.	Horizontes		Cor		Textura Classe	Estrutura	Cerosidade	Consistência			Transição
	Prof. (cm)		Úmido	Seco				Seca	Úmida	Molhada	
A1p	0 - 10		10YR 3/2	-	fa	2mP e PGr		LD	mFr	PI e Pe	pc
A12	10 - 17		10YR 2/2	-	fra	2mP e MGr		D	Fr	PI e Pe	pc
B21	17 - 55		10YR 3/3	-	r	2mP e PBS	2c	mD	Fi	PI e mPe	pc
B22	55 - 70		9YR 3,5/4	-	r	2P e MBS	2a		Fi	PI e mPe	pc
IIB3	70 - 87		5YR 4/6 <sup>1/</sup>	-	r	3P e MBS	2a		Fi	PI e mPe	pg
IIC	87 - 120 <sup>+</sup>		10YR 5/2 <sup>2/</sup>	-	r	2P e mPBS			Fi	PI e mPe	

Observações: Perfil descrito úmido até o IIB3 e molhado no IIC; Linha de fragmentos de arenito ferruginoso e manganoso, concreções manganosas e fragmentos de madeira fóssil na base do B22; Ninhos de formiga no topo do B21 com canais no Ap1 e A12; Amostras registradas no laboratório sob os nº 801484/89. 1/ mosqueado abundante médio e distinto (10YR 6/2); 2/ mosqueado comum pequeno e proeminente (2,5 YR 4/6).

Perfil 3 Proj. PBA. Caracterização química e física

Horizonte		Fração Total			Fração < 2 mm							Densidade		
Símb.	Prof	Calh.	Casc	TFSA	AG	AF	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/ Argila	Apar.	Real	Poros. (vol.)
	cm	>20 mm	20-2 mm	<2 mm	2-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm				--- g/cm <sup>3</sup> --		%
Ap1	0-10	0	tr	100	45	15	21	19	14	26	1,11	1,46	2,56	43
Ap2	-17	0	tr	100	39	14	22	25	19	24	0,88	1,43	2,56	44
B21	-55	0	1	99	25	12	16	47	37	21	0,34	1,08	2,56	58
B22	-70	5	7	88	19	8	23	50	35	30	0,46	1,27	2,56	50
IIB3	-87	0	1	99	9	4	33	54	44	19	0,61	1,24	2,56	52
IIC	120	0	tr	100	3	2	35	60	44	27	0,58			

AG = areia grossa; AF = areia fina; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de floculação.

Hor.	pH (1;2,5)			Complexo sortivo							Valor V (sat. bases)	$\frac{100 \text{ Al}^{3+}}{\text{S} + \text{Al}^{3+}}$	P assim.	
	H <sub>2</sub> O	HCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				Valor T (soma)
	----- % -----			----- meq/100g -----							%	%	ppm	
Ap1	5,1	3,8		2,2	0,2	0,20	0,04	2,6	3,4	3,5	9,5	27	57	2
Ap2	5,0	3,8		2,5	0,3	0,12	0,07	3,0	4,9	4,8	12,7	24	62	1
B21	5,1	3,8		3,0	0,9	0,15	0,07	4,1	8,6	4,7	17,4	24	68	1
B22	5,2	3,8		3,2	0,8	0,17	0,07	4,2	9,2	3,8	17,2	24	69	1
IIB3	5,2	3,7		4,0	1,4	0,27	0,07	5,7	13,7	3,6	23,0	25	71	1
IIC	5,3	3,6		5,8	2,7	0,36	0,09	9,0	19,6	2,4	31,0	29	69	1

Hor.	CO	N	C/N	Ataque por						SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Equiv. CaCO <sub>3</sub>
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)			NaOH (0,8 %)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	(Ki)	(Kr)			
	----- % -----			----- % -----									----- % -----	
Ap1	0,95	0,09	11	7,9	4,9	1,7	0,27	0,03	0,02	2,74	2,25	4,53		
Ap2	0,86	0,08	11	10,4	6,8	2,2	0,33	0,03	0,01	2,60	2,15	4,83		
B21	0,95	0,12	8	20,5	13,5	4,0	0,44	0,03	0,02	2,58	2,17	5,30		
B22	0,65	0,09	7	22,1	15,5	5,0	0,50	0,03	0,08	2,42	2,01	4,86		
IIB3	0,41	0,07	6	25,5	15,2	5,3	0,57	0,04	0,08	2,85	2,33	4,50		
IIC	0,30	0,06	5	29,5	16,3	5,4	0,58	0,03	0,02	3,06	2,52	4,73		

Hor	100 Na <sup>+</sup> / T	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas				
		CE	Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água disp. máx.	EU
											1/3 atm	15 atm		
	%	mmhos/cm a 25 °C	%	----- meq/100 g de TFSA -----						----- % -----				
Ap1	< 1													14,0
Ap2	< 1													16,9
B21	< 1													26,8
B22	< 1													29,0
IIB3	< 1													33,0
IIC	< 1													34,6

CE = condutividade elétrica; EU = equivalente de umidade.

Perfil 3 Proj. PBA Análise Mineralógica

Horz.		quartzo*	conc. ferruginoss	frag. sílica	frag. rocha	magnetita	rutilo	frag. arg. endurecido	turmalina	ilmenita	estauroлита
Ap1	Cascalho	93%	5%		2%						
	A. grossa	95%	5%				tr			tr	tr
	A. fina	99%					tr		1%	tr	tr
Ap2	Cascalho	90%	10%								
	A. grossa	97%	2%			1%	tr		tr		tr
	A. fina	98%				tr	tr		2%	tr	tr
B21	Cascalho	90%	5%		5%						
	A. grossa	88%	10%				tr		2%	tr	
	A. fina	99%					tr		1%	tr	tr
B22	Calhaus				100%						
	Cascalho	50%			45%			5%			
	A. grossa	90%			10%						
IIB3	A. fina	99%					1%		tr	tr	tr
	Cascalho	45%	10%		25%			20%			
	A. grossa	80%	20%								
IIC	A. fina	78%					2%	20%	tr	tr	
	Cascalho	20%	5%					75%			
	A. grossa	60%						40%			
	A. fina	59%					tr	40%	1%	tr	

\* - grãos arredondados e subarredondados

## Descrição micromorfológica

### Perfil 3

#### Horizonte B21

##### 1. Matriz S

###### 1.1. Grãos do esqueleto

Constituído quase que essencialmente de grãos de quartzo, alguns alcançando 2 mm de comprimento com extinção ondulante acentuada, angulosos e subangulosos, zircão em cristais idiomórficos bem desenvolvidos. A maioria dos grãos de quartzo ocorrem envolvidos por argilans fortemente orientados.

###### 1.2. Plasma

Ocorre, em luz natural, de coloração amarelada e em luz polarizada muito birrefringente com neoestrans desenvolvidos. A fabrica plasmática é eskelsépica. Observam-se orientações plásmicas acentuadas com separações plásmicas

###### 1.3. Vazios

Ocorrem vazios de empacotamentos, canais bifurcados transpedais.

##### 2. Caracteres pedológicos

Cutans e material glebular.

Os cutans são do tipo argilans e ferriargilans, ocorrem ao longo dos canais, com forte orientação constituindo os cutans de iluviação; alguns cutans envolvem grãos do esqueleto. Os nódulos sesquioxídicos são difusos.

A (NRDP) distribuição relativa da base é plasmática granular.

#### Horizonte B22

##### 1. Matriz S

###### 1.1. Grãos do esqueleto

Constituídos quase que essencialmente de quartzo em grãos angulosos e subangulosos, alguns subarredondados, extinção ondulante marcante, alguns atingindo 2 mm de comprimento, maioria porém com granulometria menor do

que 0,2 mm; cristais idiomórficos de zircão, a hematita ocorre inclusa em grãos de microclina.

## 1.2. Plasma

Em luz natural observa-se um plasma amarelado e amarelo avermelhado. Em luz polarizada o plasma ocorre birrefringente com neoestrans ou seja, separações plásmicas orientadas

A fábrica plásmica é eskelsépica onde observam-se grãos do esqueleto associados a separações plásmicas.

## 2. Caracteres pedológicos

### Cutans e material glebular

Os cutans são do tipo argilans e ferriargilans, alguns são de revestimento, envolvendo alguns grãos do esqueleto. Cutans de iluviação ocorrem ao longo dos canais.

Os nódulos sesquioxídicos que são glébulas ora irregulares ora regulares e alguns difusos.

As cristalárias gibbsíticas ocorrem em pequenas frações delimitadas de frações puras de plasma.

A (NRDF) distribuição de base é plásmica granular.

### Interceptação:

Os caracteres pedológicos mais abundantes são os cutans do tipo argilans e ferriargilans, alguns muito orientados constituindo os cutans de iluviação, mais abundantes no H B21.

Os nódulos sesquioxídicos são comuns nos dois horizontes.

A cristalária gibbsítica ocorre em pequena quantidade sendo constituída de frações puras de plasma gibbsítico, proveniente de feldspato. As pápulas são raras.

Os grãos do esqueleto são constituídos predominantemente por quartzo e alguns acessórios.

## Perfil 4 Proj. PBA. Descrição de campo

Classificação: Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

Unidade de mapeamento: Bexigoso.

Localização: Marco km 66 da rodovia Pelotas – Bagé, entrando cerca de 2 km a esquerda na estrada para Basílio.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o perfil: Terço superior de elevação com 5 a 6% de declividade, sob pastagem de gramínea. Altitude: 380 m

Litologia e cronologia: Migmatitos, Subgrupo Cambaí, Pré-Cambriano A.

Material Originário: Produto da alteração das rochas supracitadas afetado por retalhamento na parte superficial.

Pedregosidade: Ausente Rochosidade: Pouca e esparsa

Relevo local: Suave ondulado Relevo Regional: Suave ondulado e ondulado.

Erosão: Laminar ligeira. Drenagem: Moderada.

Vegetação primária:

Uso atual: Pastagem. Clima: Cfa ?

Raízes: Fasciculares finas: abundantes no Ap e A2, comuns no B21 decrescendo gradualmente até a base do B22.

Descrito e coletado por: Camargo, Olmos e Klinger. Data: 03/11/1980.

Símb.	Horizontes		Cor		Textura Classe	Estrutura	Cero- sidade	Consistência			Transição
	Prof. (cm)	Úmido	Seco	Seca				Úmida	Molhada		
Ap	0 - 10	10YR 2/2	10YR 6/2	fra	2mP e PGr		LD	Fr	LPI e Pe	cp	
A2	10 - 22	10YR 2/2	10YR 6/2	fra	1mPGr		LD	Fr	LPI e Pe	co	
B21	22 - 34	10YR 3/4 <sup>1/</sup>	-	r	3mP e PBS e Gr	1p	mD	Fi	PI e mPe	co	
B22	34 - 58	4YR 4/4 <sup>2/</sup>	-	r	4M e PBS e BA	2c	ED	mFi	PI e mPe	co	
B3C	58 - 7,	5YR 4/4	-	r	2mP e PBS		mD	Fr	PI e mPe	abr	
C	70 - 100 <sup>+</sup>	variegada <sup>3/</sup>	-					LD a D	PI e Pe		

Observações: Perfil descrito úmido; Línguas de materiais análogos aos do B22 e B21 penetram no C até alguns decímetros de profundidade; Amostras registradas no laboratório sob os nº 801490/95. 1/ mosqueado comum pequeno e difuso decorrente de cutãs escuros (10YR 3/3); 2/ mosqueado comum médio distinto (7,5 YR 4/2); 3/ cor variegada: bruno acinzentado, bruno amarelado, vermelho amarelado, vermelho e com muitas pontuações brancas de feldspato semi-alterado.

Perfil 4 Proj. PBA. Caracterização química e física

Horizonte		Fração Total			Fração < 2 mm						Densidade		Poros. (vol.)	
Simb.	Prof	Calh. >20 mm	Casc 20-2 mm	TFSA < 2 mm	AG 2-0,20 mm	AF 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	ADA	GF	Silte/Argila	Apar.		Real
cm		----- % -----											g/cm <sup>3</sup>	%
Ap	0-10	0	17	83	32	15	25	28	16	43	0,89	1,13	2,41	53
A2	-22	0	49	51	37	10	23	30	17	43	0,77	1,35	2,47	45
B21	-34	0	11	89	14	6	26	54	36	33	0,48	1,27	2,50	49
B22	-58	0	2	98	10	5	31	54	36	33	0,57	1,35	2,56	47
B3	-70	0	3	97	13	7	37	43	8	81	0,86			
C	-100	0	14	86	31	8	34	27	6	78	1,35			

AG = areia grossa; AF = areia fina; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação.

Hor.	pH (1:2,5)		Complexo sortivo								Valor T (soma)	Valor V (sat. bases)	100 Al <sup>3+</sup> / S + Al <sup>3+</sup>	P assim. ppm
	H <sub>2</sub> O	HCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>					
----- meq/100g -----											%	%		
Ap	5,3	4,0	3,4	1,7	0,35	0,08	5,5	0,8	6,1	12,4	44	13	3	
A2	5,2	3,9	2,5	1,6	0,26	0,11	4,5	1,1	5,0	10,6	42	20	2	
B21	5,1	3,8	1,9	0,9	0,15	0,09	3,0	5,0	5,8	13,8	22	63	1	
B22	5,3	3,8	1,6	0,3	0,10	0,12	2,1	6,1	3,3	11,5	18	74	1	
B3	5,4	3,8	1,2	0,4	0,08	0,13	1,8	6,2	2,6	10,6	17	78	1	
C	5,4	3,8	1,2	0,2	0,09	0,17	1,7	4,4	1,3	7,4	23	72	1	

Hor.	CO	N	C/N	Ataque por						SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Equiv. CaCO <sub>3</sub>
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)			NaOH (0,8 %)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	(Ki)	(Kr)			
----- % -----				----- % -----						----- % -----				
Ap	2,02	0,21	10	13,2	9,8	2,4	0,37	0,05	0,03	2,29	1,98	6,41		
A2	1,68	0,18	9	12,3	9,7	2,2	0,41	0,04	0,03	2,16	1,88	6,89		
B21	1,37	0,14	10	25,7	20,4	4,6	0,56	0,03	0,03	2,14	1,87	6,94		
B22	0,69	0,09	8	28,7	22,0	4,9	0,56	0,03	0,04	2,22	1,94	7,05		
B3	0,40	0,07	6	28,2	21,6	4,7	0,53	0,02	0,05	2,22	1,95	7,20		
C	0,24	0,05	5	22,5	18,1	3,6	0,41	0,02	0,04	2,11	1,88	7,89		

Hor	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)						Constantes hídricas					
	100 Na <sup>+</sup> /T	CE	Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água	EU
		mmhos/cm a 25 °C	%	----- meq/100 g de TFSA -----						1/3 atm		15 atm	disp. máx.	
		%	----- % -----											
Ap														21,3
A2														18,0
B21														30,3
B22														31,5
B3														30,0
C														24,0

CE = condutividade elétrica; EU = equivalente de umidade.

Perfil 4 Proj. PBA Análise Mineralógica

Horz.	Frações	quartzo*	conc. ferruginosa	zircão	feldspato alcalino	magnetita	detritos	biotita	frag. arg. endurecido	muscovita	titanita	ilmenita	epidoto	mica branca
Ap	Cascalho	100%												
	A.grossa	94%			5%		tr			1%				
	A.fina	75%			25%							tr	tr	
A2	Cascalho	95%			5%									
	A.grossa	95%			5%					tr				
	A.fina	74%			25%	tr		tr		tr	tr	1%		
B2	Cascalho	95%			5%									
	A.grossa	89%			10%					1%				
	A.fina	37%			60%				1%		tr		tr	2%
B22	Cascalho	100%												
	A.grossa	72%			25%	tr		tr		3%				
	A.fina	25%	tr		70%	tr					1%			4%
B3	Cascalho	100%												
	A.grossa	73%			25%	1%		tr		1%				
	A.fina	25%			72%	tr		tr		2%	1%			
C	Cascalho	90%			10%									
	A.grossa	58%			40%					2%				
	A.fina	10%		tr	88%			tr		2%	tr			

\* - grãos angulosos

## Descrição Micromorfológica

### Perfil 4

#### Horizonte B22

##### 1. Matriz S

###### 2.1. Grãos de esqueleto

Constituídos de quartzo em grãos angulosos com extinção ondulante marcante, alguns triturados; de microclina em grãos maclados segundo as leis da albita-periclina, ocorrem com extinção ondulante e levemente alterados; de plagioclásio, oligoclásio, em grãos angulosos, maclados segundo as leis de albita, com forte alteração, alguns grãos atingem 2mm; de lamelas de muscovita muito desenvolvidas, algumas com as extremidades esgarçadas; de biotita em lamelas bem desenvolvidas, com alteração acentuada; de argilo-minerais de hábito micáceo, ( Illita, ?) em lamelas finas dispostas paralelamente no plasma. Os acessórios principais são zircão e epidoto.

###### 1.3. Plasma

Ocorre de coloração amarelada, em luz natural é muito birrefringente. Em alguns locais observam-se concentrações plásmicas.

A fábrica plásmica é skelsépica onde observam-se grãos do esqueleto associados a separações plásmicas.

###### 2.3. Vazios

Ocorrem orto e meta vazios e canais.

##### 2. Caracteres pedológicos

Cutans e material glebular.

A maioria dos cutans são de difusão do tipo argilans (caulinans) e ocorrem esparsos no plasma, alguns são de iluviação e ocorrem ao longo de canais e vazios, e são constituídos de argilans e não são muito abundantes.

Ocorrem pápulas caulínicas (caulinans).

Alguns neoferrans envolvem grãos do esqueleto.

A (NRDP), distribuição relativa de base é porfiroesquelética.

Interpretação:

Os caracteres pedológicos principais estão representados pelos argilans, principalmente pápulas caulínicas provenientes possivelmente da alteração da mica biotita.

Ocorrem alguns cutans de iluviação ao longo dos canais.

Os grãos do esqueleto são constituídos de quartzo, microclina e plagioclásio (oligoclásio) estes últimos contribuindo para a formação de argilans.

## Perfil 5 Proj. PBA. Descrição de campo

Classificação: Podzólico Bruno-Acinzentado Álico.

Localização: Rodovia Bagé - Aceguá (BR153) no km 177,5 lado esquerdo (próximo a granja Minas Gerais).

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o perfil: Terço superior de colina com 3% de declividade, sob bordadura de gramíneas (prairie) adjacente a capão de eucaliptos. Altitude: 250 m.

Litologia e cronologia: Siltitos argilosos com intercalações de folhelhos siltitos e arenitos finos ocasionalmente arcosianos. Grupo Passa Dois, Permiano.

Material Originário: Produtos de alteração das rochas supracitadas, afetadas por retrabalhamento superficial.

Pedregosidade: Ausente. Rochosidade: Ausente.

Relevo local: Suave ondulado. Relevo Regional: Suave ondulado formado por colinas de topo ligeiramente arredondados pendentes longas e suaves vales em V abertos.

Erosão: Não aparente. Drenagem: Moderada.

Vegetação primária: Campo subtropical sub-úmido (prairie).

Uso atual: Pastagens e capões de eucaliptos.

Raízes: Fasciculares de gramíneas, comuns no Ap, A2 e B, diminuindo gradativamente até B3 e C. Raízes secundárias de eucalipto, comuns, de 2 a 5 mm de diâmetro, raras de 1 a 2 mm, dispostas horizontalmente, no B1; Poucas no B2, B3 e C; raras no C1 e C2, dispostas horizontalmente no material terroso entre as placas do siltito.

Descrito e coletado por: Camargo, Olmos e Klingler e Américo. Data: 05/11/1980.

105

Símb.	Horizontes Prof. (cm)	Cor		Textura Classe	Estrutura	Cero- sidade	Consistência			Transição
		Úmido	Seco				Seca	Úmida	Molhada	
Ap	0 - 10	9YR 3/3	9YR 5,5/2	fa	1mP e PGr			mFr	LPI e Pe	cp
A2	10 - 23	10YR 2/3 <sup>1/</sup>	-	fra	1P a mPGr		D	Fr	PI e Pe	cp
B1	23 - 30	7,5YR 3/2	-	fra	2M e PBS		D	Fi	PI e Pe	cp
B2	30 - 40	7,5YR 3/2 <sup>2/</sup>	-		2MPr e 4G e PBA	3a		Fi	PI e mPe	co
BC	46 - 62	7,5YR 2,5/2 <sup>3/</sup>	-	fr	3P e mPBS e BA	2a		Fi a Fr	mPI e mPe	abr
C1	62 - 80	variegada <sup>4/</sup>	-	fra				mFi a Fi	PI E Pe	cp
IIC2	80 - 100 <sup>+</sup>	-	-					Efi e Fi	LPI e Pe	

Observações: Perfil descrito úmido; Intercalações (associação) de material análogo ao B2, com fragmentos alterados de siltitos análogos ao do C1 – constituem o horizonte do B3 e C; No C1 e C2 há material mais alterado, terroso, entre as placas de siltitos. 1/ mosqueado comum médio difuso (10YR 5/4); 2/ mosqueado comum médio e proeminente decorrente da alteração de fragmentos de siltitos (2,5 YR 3/4); 3/ mosqueado abundante médio e grande proeminente (6 YR 5/4) e comum médio proeminente (2,5 YR 4/6); 4/ cor variegada: 6 YR 5/4; 7,5 YR 3/2; 2,5 YR 4/6.

Perfil 5 Proj. PBA. Caracterização química e física

Horizonte		Fração Total			Fração < 2 mm							Densidade		Poros. (vol.)	
Simb.	Prof	Calh. >20 mm	Casc 20-2 mm	TFSA < 2 mm	AG 2-0,20 mm	AF 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm	ADA	GF	Silte/Argila	Apar.	Real		
cm		----- % -----											--- g/cm <sup>3</sup> ---		%
Ap	0-10	0	tr	100	1	58	24	17	16	6	1,41	1,25	5,47	49	
A2	-23	0	tr	100	1	55	23	21	14	33	1,20	1,35	2,53	47	
B1	-30	0	1	99	1	46	22	31	27	13	0,77	1,34	2,56	48	
B2	-46	0	tr	100	1	29	21	49	44	10	0,46	1,33	2,56	48	
B/C	-62	0	1	99	4	36	22	38	37	3	0,58				
C1	-80	9	15	76	7	51	21	21	19	10	1,00				
IIC2	-100 <sup>+</sup>	19	20	61	12	61	15	17	12	29	1,25				

AG = areia grossa; AF = areia fina; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação.

Hor	pH (1;2,5)		Complexo sortivo							Valor T (soma)	Valor V (sat. bases)	100 Al <sup>3+</sup> / S + Al <sup>3+</sup>	P assim.
	H <sub>2</sub> O	HCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>				
----- meq/100g -----											%	%	ppm
Ap	5,5	3,9	3,9	0,8	0,62	0,09	5,4	0,7	4,4	10,5	51	11	5
A2	5,4	3,8	4,6	0,6	0,25	0,11	5,6	1,3	3,7	10,6	54	19	1
B1	5,6	3,8	7,8	1,1	0,21	0,16	9,3	1,4	4,0	14,7	63	13	1
B2	5,4	3,8	15,0	2,5	0,20	0,29	18,0	2,0	4,6	24,6	73	10	1
B/C	5,7	3,8	16,3	3,0	0,19	0,30	19,8	1,5	3,7	25,0	79	7	1
C1	6,0	4,2	16,5	2,6	0,17	0,33	19,6	0,3	2,3	22,2	88	2	1
IIC2	6,2	4,4	14,9	2,4	0,14	0,32	17,8	0,1	2,1	20,0	89	1	2

Hor	CO	N	C/N	Ataque por						SiO <sub>2</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	Equiv. CaCO <sub>3</sub>
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1)			NaOH (0,8 %)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	(Ki)	(Kr)			
----- % -----											%	%		
Ap	1,20	0,13	9	8,2	4,2	1,7	0,31	0,04	0,04	3,32	2,64	3,89		
A2	0,87	0,10	9	8,8	4,5	2,0	0,37	0,03	0,04	3,33	2,59	3,53		
B1	0,88	0,12	7	12,5	7,6	2,9	0,41	0,04	0,03	2,80	2,25	4,12		
B2	1,05	0,13	8	23,4	14,2	4,5	0,47	0,04	0,03	2,80	2,33	4,95		
B/C	0,70	0,11	6	23,3	13,4	4,7	0,45	0,06	0,03	2,96	2,41	4,47		
C1	0,42	0,07	6	17,9	9,7	3,7	0,44	0,04	0,02	3,14	2,52	4,12		
IIC2	0,23	0,06	4	15,9	7,9	4,1	0,43	0,12	0,04	3,42	2,57	3,03		

Hor	100 Na <sup>+</sup> /T	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5)					Constantes hídricas					
		CE	Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água	
		mmhos/cm a 25 °C	%	----- meq/100 g de TFSA -----					1/3 atm		15 atm	disp. máx.	EU	
----- % -----											----- % -----			
Ap	1													16,4
A2	1													16,0
B1	1													20,6
B2	1													32,4
B/C	1													30,4
C1	1													24,0
IIC2	1													19,2

CE = condutividade elétrica; EU = equivalente de umidade.

Perfil 5 Proj. PBA Análise Mineralógica

Horz.	Frações	quartzo*	conc. ferruginosa	detritos	frag. rocha	feldspato	turmalina	silica	biotita	frag. opala	frag. arg.	muscovita	rutilo	ilmenita	estaurolita	mica branca
Ap	Cascalho	84%	10%					tr			6%					
	A.grossa	92%	tr	5%				tr		3%						
	A.fina	83%				15%	tr		tr				2%		tr	
A2	Cascalho		10%					88%			2%					
	A.grossa	80%		tr		5%	tr	5%	tr	5%		tr	tr			
	A.fina	93%**				5%	tr		2%			tr	tr	tr		
B1	Cascalho	5%	5%		5%			80%			5%					
	A.grossa	90%	5%								5%			tr		tr
	A.fina	95%									5%			tr		tr
B/C	Cascalho				50%			50%								
	A.grossa	40%					tr				60%					tr
	A.fina	80%									20%					tr
C	Calhaus				100%											
	Cascalho				100%						tr					tr
	A.grossa				100%	tr			tr							
IIC2	A.fina	30%				68%			2%				tr			
	Cascalho				100%											
	A.grossa	30%			68%				tr			2%				
	A.fina	50%							2%		48%	tr	tr			

\* - grãos angulosos

\*\* - grãos arredondados