

ALINE PACOBAHYBA DE OLIVEIRA

**PEDOGÊNESE DE ESPODOSSOLOS EM AMBIENTES DA FORMAÇÃO
BARREIRAS E DE RESTINGA DO SUL DA BAHIA**

Dissertação 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
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48p
2007

Oliveira, Aline Pacobahyba de, 1977-
Pedogênese de espodossolos em ambientes da formação
barreiras e de restinga do sul da Bahia / Aline Pacobahyba.
de Oliveira. – Viçosa, MG, 2007.
xi, 102f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: João Carlos Ker.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 71-81.

1. Solos - Classificação. 2. Solos - Formação. 3. Solos
arenosos. 4. Restingas. 5. Húmus. I. Universidade Federal
de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.44

ALINE PACOBAHYBA DE OLIVEIRA

**PEDOGÊNESE DE ESPODOSSOLOS EM AMBIENTES DA FORMAÇÃO
BARREIRAS E DE RESTINGA DO SUL DA BAHIA**

Dissertação apresentada
à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Curso de Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2007.

Prof. Ivo Ribeiro da Silva
(Co-orientador)

Prof. Maurício P. Ferreira Fontes
(Co-orientador)

Prof. Raphael Bragança A. Fernandes

Prof. Felipe Vaz Andrade

Prof. João Carlos Ker
(Orientador)

*A Deus,
A Afonso e Leila, meus pais,
A Alessandra, minha querida irmã,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

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

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A Aracruz Celulose, em especial ao Dr. Sebastião Fonseca e Sr. Valmir, pelo apoio e financiamento dos trabalhos de campo.

Ao Professor João Carlos Ker pela orientação, incentivo, críticas, ensinamentos e pela valiosa amizade.

À equipe que me ajudou nos trabalhos de campo: Professor João Carlos Ker, ao amigo de curso Edson Alves Araújo, Adilson e Sr. Clarindo.

Ao Professor Ivo Ribeiro da Silva pela grande colaboração e contribuição com o trabalho.

Ao Professor Maurício Paulo Ferreira Fontes pela participação no trabalho e pelas sugestões.

Aos Professores Elpídio Inácio Fernandes Filho, Hugo Alberto Ruiz, Professor Júlio César Lima Neves, Liovando Marciano da Costa, Reinaldo Bertola

Cantarutti, Roberto Ferreira de Novais, e Victor Hugo Alvarez Venegas pelo apoio, amizade e ensinamentos.

Ao Professor Eldo e Dirley pela amizade e apoio para o ingresso no curso.

Aos amigos funcionários do Departamento de Solos Carlos Fonseca, Carlinhos, Cláudio, Fábio, Geraldo Victor, Geraldo Robésio, João Lelis, José Alberto, José Francisco, José Roberto, Jorge Orlando e Zélia pela colaboração e apoio nos trabalhos laboratoriais.

Aos funcionários Pedro Lelis, Luciana, Sônia, Sr. Ciro, Sr. Sebastião e Sr. Vicente pela ajuda e amizade.

Aos meus pais Afonso e Leila pelo carinho, apoio, entusiasmo e dedicação durante meus estudos em Viçosa.

À minha irmã Alessandra e ao meu namorado Alan pelo carinho, por tanto me ajudarem na realização deste trabalho, pela paciência, companheirismo e pela força nos momentos difíceis.

Ao Henrique Ker, pela ajuda nos trabalhos de laboratório.

Aos meus tios, avós e primos pelo carinho e incentivo.

Aos amigos Guilherme, Eliana, Eliane, Juberto e Thiago pela grande ajuda na realização de parte deste trabalho.

Aos amigos Rúbia, Fernanda, Lu, Leo, Pri, André, Guilherme, Ivaldo e Lílian pelo carinho e pela força mesmo estando distantes.

A Ecila Villani pelo apoio e amizade.

Aos amigos do Curso e do Departamento de Solos pela amizade e contribuição para o meu aprendizado.

A Maria José (Zezé) pela amizade e pelos bons momentos que nos proporcionou fora do ambiente de trabalho.

Aos que não cito aqui, mas, que de alguma forma contribuíram para meu trabalho e aprendizado.

BIOGRAFIA

ALINE PACOBAHYBA DE OLIVEIRA, filha de Afonso Treves de Oliveira e Leila Pacobahyba de Oliveira, nasceu em 15 de agosto de 1977, na cidade de Santos Dumont, Minas Gerais.

Em 1999 iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Em março de 2001 iniciou, como estagiária, suas atividades em pesquisa no Departamento de Solos da UFV, onde posteriormente, foi bolsista de iniciação científica até a conclusão do curso de graduação que se deu em dezembro de 2003.

Em março de 2004 iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa finalizando-o com a defesa da presente tese em fevereiro de 2007.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Definição e distribuição geográfica dos Espodossolos.....	4
2.2. Gênese do horizonte B espódico: imobilização do material orgânico ligado ao alumínio e ao ferro.....	6
2.3. Critérios analíticos empregados na definição de horizonte B espódico.....	9
2.4. Ortstein e Caráter Plácico.....	10
2.5. Fragipã e Duripã.....	12
2.6. Restinga.....	14
2.7. Grupo Barreiras.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Caracterização da área de estudo.....	18
3.1.1. Localização.....	18
3.1.2. Clima e vegetação.....	18
3.1.3. Geomorfologia e Geologia.....	20

3.2. Seleção dos perfis e coleta de amostras de solos.....	21
3.2.1. Caracterização morfológica.....	21
3.3. Caracterização física.....	21
3.3.1. Análise textural.....	21
3.3.2. Caracterização química.....	22
3.3.2.1. Análises de fertilidade do solo.....	22
3.3.2.2. Ataque sulfúrico.....	22
3.3.2.3. Ferro e alumínio extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato de amônio e pirofosfato de sódio.....	23
3.3.2.4. Densidade ótica do extrato do oxalato de amônio (DOEO).....	23
3.3.3. Caracterização da matéria orgânica.....	23
3.3.3.1. Carbono orgânico total.....	23
3.3.3.2. Nitrogênio total.....	24
3.3.3.3. Fracionamento de substâncias húmicas.....	25
3.3.3.4. Matéria orgânica leve em água (MOL).....	25
3.3.3.5. Ácidos orgânicos de baixa massa molecular (AOBMM).....	26
3.3.4. Análise mineralógica.....	26
3.3.5. Análise microscópica da fração areia grossa.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Características morfológicas.....	28
4.2. Características físicas e químicas.....	33
4.3. Ataque sulfúrico.....	40
4.4. Fe e Al extraídos pelo DCB, oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e densidade ótica do extrato de saturação com oxalato ácido de amônio (DOEO).....	43
4.5. Características da matéria orgânica.....	51
4.6. Características Mineralógicas.....	58
4.7. Classificação dos solos estudados.....	67
5. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
APÊNDICE.....	82

RESUMO

OLIVEIRA, Aline Pacobahyba de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Pedogênese de Espodossolos em ambientes da Formação Barreiras e de restinga do sul da Bahia.** Orientador: João Carlos Ker. Co-orientadores: Ivo Ribeiro da Silva e Maurício Paulo Ferreira Fontes.

Em áreas do Barreiras e de restinga do sul da Bahia é comum a ocorrência de Espodossolos muito diferenciados morfológicamente. No domínio dos sedimentos da Formação Barreiras dessa região é comum a observação de um ambiente edafologicamente diferenciado, localmente chamado de “muçununga”, o qual ocorre em áreas deprimidas dos Tabuleiros Costeiros, e que alagam no período chuvoso. Nessas muçunungas observam-se Espodossolos com horizonte E (muçunungas brancas) e sem este horizonte (muçunungas pretas) que apresentam características diferenciadas entre si e em relação àqueles encontrados na restinga. Em razão da pequena quantidade de trabalhos realizados sobre os Espodossolos do Brasil existe a necessidade de conhecer suas características físico-químicas para melhor compreensão de sua gênese nestes ambientes. Assim, com o objetivo de caracterizar química, física e mineralogicamente e avaliar as possíveis diferenças nos processos de formação dos Espodossolos do Barreiras e da restinga no extremo sul da Bahia, foram descritos e coletados oito perfis de solos com materiais espódicos e realizadas análises químicas como extrações seletivas de ferro e alumínio pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), oxalato de amônio e pirofosfato de sódio, caracterização e fracionamento da matéria orgânica e extração de ácidos orgânicos de baixa massa molecular, mineralógicas, através da difratometria de raios-x nas frações argila, silte e areia

dos horizontes espódicos dos solos estudados, e física para caracterização textural. Foi feita, também na fração areia grossa, a análise de visualização e obtenção de fotografias por microscopia ótica. No ambiente Barreiras, os Espodossolos apresentaram fragipã abaixo dos horizontes espódicos. As muçunungas brancas apresentaram horizonte B espódico cimentado, enquanto as pretas possuem estrutura pequena granular e coloração escura desde a superfície. Os solos apresentam textura arenosa e aumento dos teores de argila nos horizontes espódicos. São solos ácidos, distróficos e álicos. A CTC, dominada por H + Al, é representada basicamente pela matéria orgânica. Os resultados obtidos pelo ataque sulfúrico à TFSA mostram teores de sílica relativamente mais elevados nos fragipãs dos perfis e baixos teores de Fe e Al sugerindo destruição de argila dos Argissolos Amarelos coesos que ocorrem circundando os Espodossolos em áreas do Barreiras. Os solos apresentam acúmulo de matéria orgânica, principalmente ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, e óxidos de Al e Fe nos horizontes B espódicos. A participação do Al é mais marcante em relação ao Fe no processo de podzolização, bem como a de formas mal cristalizadas em relação àquelas de melhor cristalinidade. Assim, A coloração parda e escura verificada nesses solos parece estar mais relacionada aos compostos orgânicos do que aos óxidos de ferro. Na análise de determinação de ácidos orgânicos de baixa massa molecular constatou-se a ocorrência dos ácidos acético, butírico, succínico, málico, malônico, tartárico, oxálico e cítrico, sendo o acético, butírico e succínico os de valores mais expressivos, que podem estar contribuindo para o processo de formação dos Espodossolos ao promover, junto à outros materiais orgânicos, a solubilização e translocação de íons ao longo do perfil, favorecendo o acúmulo de complexos organometálicos em profundidade e, assim, a formação e o desenvolvimento dos horizontes B espódicos. Os principais componentes da fase mineral da fração argila dos horizontes espódicos são os minerais caulinita e, possivelmente, vermiculita com hidróxi entre camadas (VHE), este último em quantidades muito pequenas. Quartzo, mica e traços de caulinita foram observados na fração silte e apenas quartzo na fração areia. Foram constatadas diferenças químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas entre os Espodossolos da Formação Barreiras e os da restinga. As muçunungas pretas e brancas apresentaram apenas diferenças morfológicas e químicas entre si.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Aline Pacobahyba de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2007. **Pedogenesis of Spodosols under environments of the Barreiras Formation and sandbank on southern Bahia.** Adviser: João Carlos Ker. Co-advisers: Ivo Ribeiro da Silva and Maurício Paulo Ferreira Fontes.

In areas of the Barreiras and sandbank on southern Bahia, the occurrence of Spodosols that are much differentiated morphologically is common. In the sediment domains of the Barreiras formation in this region, it is common to observe an edaphologically differentiate environment and locally co-called "muçununga" which occurs in depressed areas of the "Tabuleiros Costeiros" and flood in the rainy season. In those muçunungas, one may observe the Spodosols with horizon E (white muçunungas) and without this horizon (black muçunungas), that show characteristics differing among each other and in relation to those found in the sandbank. Because the shortage of studies on Spodosols in Brazil, there is a need for knowing their physiochemical characteristics in order to get a better understanding of its genesis in those environments. So, this study was carried out to accomplish the chemical, physical and mineralogical characterization of those soils and to evaluate the possible differences in the Spodosol formation processes of both Barreiras and sandbank on extreme southern Bahia. Eight soil profiles with spodic materials were described and collected. Then, the following procedures were performed under laboratory conditions: selective extractions of either iron and aluminum by sodium dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) and the ammonium oxalate and sodium pyrophosphate, characterization and fractioning of the organic matter and extraction of the low molecular weight organic acids, mineralogical by x-ray diffractometry in the clay, silt and sand fractions of the

spodic horizons in the soils under study, and physical analyses for textural characterization. The analysis for visualization and obtainment of the photographs by optical microscopy were also performed in the coarse sand fraction. In Barreiras environment, the Spodosols showed fragipan below the spodic horizons. The white muçunungas showed a cemented spodic B horizon, whereas the black ones show small granular structure with dark coloration from the surface. Besides presenting sandy texture and increased clay contents in the spodic horizons, those are acid, dystrophic and alic soils. So-called H + Al, the CTC is basically represented by the organic matter. The results obtained by the sulfuric attack to TFSA show relatively higher silica contents in the fragipans of the profiles, but low Fe and Al contents, so suggesting destructed clay in the cohesive Yellow Ultisols that occur surrounding the Spodosols in Barreiras areas. The soils show accumulation of organic matter, mainly both fulvic and humic acids and the Al and Fe oxides in the spodic B horizons B. The participation of Al is more accentuated in relation to Fe in the podzolization process, as well as that of the poorly crystallized forms in relation to those with better crystallinity. So, the brown and dark coloration found in those soils seems to be more related to the organic compounds than to the iron oxides. In the analysis for determination of the organic acids with low molecular weight, the occurrence of the acids (acetic, butyric, succinic, malic, malonic, tartaric, and oxalic) were verified, and the acetic, butyric and succinic acids showed the more expressive values, therefore they are probably contributing to the Spodosol formation process, when together with other organic materials they promote the solubilization and translocation of the ions along the profile, therefore favoring the accumulation of the organometallic complexes as a function of depth, consequently the formation and development of the spodic B horizons. The main components at the mineral phase of the clay fraction in the spodic horizons are the minerals caulinite and probably the vermiculite with inter layers hydroxy (VHE), as being the last one at very low amounts. Quartz, mica and caulinite traces were observed in the silt fraction, but only quartz in the sand fraction. Chemical physical, morphological and mineralogical differences were found in the Spodosols of both Barreiras Formation and sandbank. The white and black muçunungas showed only morphologic and chemical differences among each other.

1. INTRODUÇÃO

Os Espodosolos, anteriormente classificados como Podzóis, são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico B espódico, simbolizado por Bh, Bs ou Bhs, conforme prevalência do acúmulo de matéria orgânica (h), óxidos de alumínio e, ou ferro (s) ou ambos (hs), que se localiza imediatamente abaixo de horizonte E, A (mais raramente), ou horizonte hístico.

Os Espodosolos apresentam textura arenosa ao longo do perfil, sendo poucos os casos reconhecidos com textura média. Quimicamente são solos ácidos e de baixa fertilidade natural.

No Brasil, solos com horizonte B espódico são comumente encontrados em ambientes costeiros, tanto do Barreiras (Terciário/Quaternário) quanto das Restingas (Quaternário). Em cada um desses ambientes, têm-se observado características diferenciadas, seja pelo material de origem, morfologia ou pela própria gênese.

O domínio dos Tabuleiros Costeiros, um dos principais representantes dos sedimentos da Formação Barreiras, ocorre em quase toda a costa brasileira, desde o Amapá até o Rio de Janeiro, adentrando-se no território até as regiões do médio e baixo vale do Rio Amazonas e nos Estados do Maranhão e Piauí. As principais classes de solos que ocorrem nesse domínio são os Latossolos e Argissolos

Amarelos, freqüentemente coesos, e, de forma menos expressiva, os Argissolos Acinzentados, Argissolos Amarelos espódicos, Plintossolos e Espodossolos. No sul do Estado da Bahia, observa-se um tipo de ambiente diferenciado, mas não exclusivamente, nas depressões dos Tabuleiros, e localmente chamado de “muçununga”, caracterizado por terrenos arenosos e úmidos que se inundam ou merejam água mais à superfície no período de chuvas. São comuns nestes locais Espodossolos de textura arenosa ou arenosa/média, sem horizonte E, de coloração muito escura desde a superfície, chamados muçunungas pretas, e com mais freqüência, Espodossolos com horizonte E denominados muçunungas brancas, ambos geralmente com fragipã ou duripã, sendo estes contínuos ou fragmentados.

Já o ambiente de Restinga, comum em regiões litorâneas no Brasil, possui vegetação característica que varia de herbáceo-arbustiva a arbórea, com porte que pode atingir até cerca de 20 m de altura. Os Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos, principais classes de solos sob restinga, são arenosos, quimicamente pobres e têm sua formação a partir de sedimentos fluvio-marinhos datados do período quaternário, sendo os Neossolos Quartzarênicos muitas vezes constituídos de areias esbranquiçadas de deposição eólica.

No Brasil, a ocorrência de Espodossolos é pequena em relação a outros solos e, por isso, são escassos os estudos a respeito desta classe, o que dificulta a adequação de critérios analíticos para a definição do horizonte B espódico e, conseqüentemente, para a classificação dos Espodossolos que aqui ocorrem. Dessa forma, os conceitos para horizontes espódicos no Brasil vêm sendo adaptados da Classificação Americana, Soil Taxonomy, os quais, em geral, não se adequam para os Espodossolos brasileiros e mesmo outros de regiões de clima tropical. A propósito, no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) a Ordem está dividida conforme o acúmulo de matéria orgânica e ferro (Espodossolos Humilúvicos, Ferrilúvicos ou Ferrihumilúvicos) devido à coloração ferruginosa apresentada nos horizontes espódicos. Entretanto, esta terminologia é, de certa forma, contraditória aos resultados de trabalhos realizados com Espodossolos no Brasil, os quais mostram ser o alumínio, acompanhado da matéria orgânica, o principal elemento envolvido neste processo, uma vez que o ferro tem sido encontrado em quantidades muito pequenas.

Apesar da ocorrência pouco expressiva, particularmente em relação aos Argissolos Amarelos do Barreiras, e por ocorrerem em áreas contíguas à eles, os Espodossolos, às vezes, são, também utilizados para o plantio de eucalipto no Sul da Bahia. Além da baixa fertilidade natural, a ocorrência de horizontes pãs e ortsteins bem como hidromorfismo, o uso destes solos têm resultado em baixas produtividades ou mortalidade do eucalipto nestas áreas, razão pela qual, empresas florestais instaladas nesta região têm deixado as áreas de domínio destes solos, ou das muçunungas, para a preservação da flora e fauna, já que o investimento no plantio do eucalipto não é compensatório.

As hipóteses levantadas neste trabalho são: Existem diferenças químicas, físicas e mineralógicas entre os Espodossolos situados na Restinga (Quaternário) e aqueles situados no Barreiras (Terciário/Quaternário) e entre os Espodossolos com horizonte E (muçunungas brancas) e os Espodossolos sem horizonte E (muçunungas pretas), em áreas deprimidas do Barreiras.

Para testar estas hipóteses, o objetivo deste trabalho foi o de caracterizar química, física e mineralogicamente os Espodossolos do Grupo Barreiras (ambientes de muçunungas) e ambiente de Restinga do sul da Bahia, visando melhor compreensão da sua gênese, além do aprimoramento na definição do horizonte B espódico e da subdivisão desta Ordem no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Definição e distribuição geográfica dos Espodossolos

O conceito de Espodossolo desenvolveu-se daquele de Podzol, amplamente utilizado em outros sistemas de classificação, para caracterizar solos desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos de regiões temperadas e boreais do hemisfério Norte, cuja característica marcante é a presença de um horizonte subsuperficial escuro, resultante da translocação e acúmulo de complexos organo-metálicos, pelos processos de queluviação e quiluviação, repectivamente. O termo Podzol foi utilizado em 1979 por Dockuev na Rússia, onde é de uso vernacular, constituído de “pod”, significando sob, e “zola”, significando cinza, referindo-se ao horizonte subsuperficial esbranquiçado pela ação agressiva de ácidos orgânicos, lembrando a coloração cinza de madeira queimada (McKEAGUE et al., 1983; DRIESSEN & DUDAL, 1989).

No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006) os Espodossolos são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte B espódico (Bh, Bhs ou Bs) abaixo de quaisquer horizontes A ou E ou horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. Os horizontes espódicos são formados pelo acúmulo de compostos amorfos de alumínio e ferro iluviados associados a materiais orgânicos. De forma geral, os

horizontes espódicos ocorrem dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou 400 cm se os horizontes A + E ou hístico + E apresentam espessura superior a 200 cm. Normalmente, a seqüência de horizontes dos Espodossolos é A, E, Bh/Bhs/Bs e C, sendo os horizontes facilmente diferenciados entre si. Os horizontes B espódicos podem se apresentar cimentados por matéria orgânica e alumínio com ou sem ferro onde os horizontes espódicos são denominados “ortsteins” (EMBRAPA, 2006).

No SiBCS, a ordem dos Espodossolos é dividida em Espodossolos Humilúvicos, quando há o acúmulo predominante de carbono orgânico no horizonte espódico sendo este denominado horizonte Bh; Espodossolos Ferrihumilúvicos, com acúmulo de carbono orgânico, ferro e alumínio, com presença de horizonte Bhs e, Espodossolos Ferrilúvicos, os quais caracterizam-se pelo acúmulo de ferro, apresentando horizonte Bs. A presente denominação das subordens parece não deixar dúvidas quanto ao domínio de complexos orgânicos–Fe no horizonte B espódico de Espodossolos brasileiros, não obstante constatação de maior participação do Al em relação ao Fe no Brasil e no mundo (ANDRIESSE, 1969; ANDERSON et al., 1982; FARMER et al., 1983a).

No mundo, os Espodossolos são amplamente documentados, sobretudo quando referentes às regiões de clima úmido e frio, como na Rússia, Norte da Europa, Canadá (DeCONINCK, 1980; McKEAGUE, et al., 1983, MOKMA, 1999; LÜNDSTROM et al., 2000), Estados Unidos, Ásia, Nova Zelândia e Austrália, e de forma menos expressiva, em regiões tropicais de clima quente e úmido. Em todos os locais de ocorrência, são solos ácidos, de baixa fertilidade natural e com propriedades físicas desfavoráveis ao aproveitamento agrícola com a maioria das culturas economicamente exploradas. Em várias partes do mundo, quando explorados, o são com reflorestamento ou pastagem extensiva.

A observação dos mapas de solos do Brasil publicados na escala 1:5.000.000 (EMBRAPA, 1981; IBGE, 2007) revela que as maiores manchas e a maior concentração desta classe de solo ocorre como componente dominante, é na região Norte, a oeste do meridiano 60° 00' e a cerca de 2° ao sul e norte da linha do Equador (Figura 1). Destacam-se aí as manchas das cabeceiras do Rio Negro e ao longo de alguns de seus afluentes, tanto na margem direita quanto esquerda.

Entretanto, estudos realizados no país envolvendo a pedogênese de Espodossolos, são quase que exclusivamente referentes àqueles da região litorânea.



Figura 1. Ocorrência dos Espodossolos no Brasil em nível de dominância (IBGE, 2007).

2.2. Gênese do horizonte B espódico: imobilização do material orgânico ligado ao alumínio e ao ferro

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 Espodossolos no mundo (ANDRIESSE, 1969; ANDERSON et al., 1982; McKEAGUE et al., 1983) e também no Brasil (OLIVEIRA et al., 1992; GOMES, 1995; RESENDE et al., 1997; MOURA FILHO, 1998; CORRÊA et al., 1999).

Várias têm sido as explicações para a mobilização e imobilização da matéria orgânica juntamente com ferro e alumínio no horizonte B, a começar pela função exercida por ácidos orgânicos de baixa massa molecular (AOBMM), ácidos fúlvicos e húmicos.

Esses ácidos, principalmente os AOBMM, estão relacionados à dissolução de minerais primários e secundários presentes no solo e à mobilização por complexação e formação de quelatos com os íons assim liberados (TAN, 1986). A complexação orgânica como mecanismo da podzolização fundamenta-se no fato de que cerca de 80 % do alumínio solúvel no horizonte eluvial em solos podzolizados encontra-se ligado a compostos orgânicos. Além da facilidade de formar complexos estáveis com íons metálicos como Al e Fe, os AOBMM são também facilmente decompostos pela microbiota do solo (BOUDOT, 1989). Estas evidências indicam a grande importância desses compostos na formação dos Espodossolos, sendo esta uma das teorias que explicam a formação destes solos (DeCONINCK, 1980; MOKMA & BUURMAN, 1982; BUURMAN & JONGMANS, 2005).

Assim, diversos autores destacam que os complexos organo-metálicos, principalmente os de ferro e alumínio, precipitam abaixo do horizonte eluvial (E) por terem alcançado os pontos isoelétricos desses complexos, formando, assim, o horizonte B espódico. Diversos trabalhos citados por LÜNDSTROM et al. (2000) enfatizam a proporção de material orgânico e metal nos complexos ácidos, para que a referida precipitação se verifique BUURMAN (1985), VAN BREEMEN & BUURMAN (1998).

McKEAGUE et al. (1971) verificaram, em trabalhos de laboratório, que complexos ácidos fúlvicos-Fe precipitam numa relação molar carbono/ferro igual a cinco, e com complexos de alumínio numa relação pouco mais elevada, resultados estes corroborados por estudos posteriores realizados por BUURMAN (1985) nos quais foram encontrados valores da relação C/metálico entre 10 e 14 em pH em torno de 4,0. Da mesma forma, Gamble & Schnitzer (1973), citados por McKEAGUE et al. (1983), destacaram que os complexos ácidos fúlvicos-metal tornam-se insolúveis à medida que a concentração do íon metálico aumenta.

Por sua vez, SCHNITZER (1969) sugere que a decomposição microbiana da matéria orgânica no horizonte espódico (Bhs) libera ferro e alumínio que poderiam ligar-se a compostos solúveis remanescentes, o que diminui a relação carbono/metalo 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, de forma que o processo parece ser mais fácil em horizontes com domínio de ácidos orgânicos de baixa massa molecular. BOUDOT et al. (1989) constataram que a biodegradabilidade dos complexos citratos, fulvatos e humatos com ferro e alumínio foi maior quando comparada a outros de maior massa 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. Estes mesmos autores comentam que a biodegradação é uma etapa essencial do processo de imobilização desses metais, em adição ao mecanismo da adsorção.

Por outro lado, alguns pesquisadores (ANDERSON et al., 1982; CHILDS et al., 1983; WANG et al., 1986), por exemplo, não concordam com o argumento da formação de Espodossolos simplesmente pelo transporte de alumínio e ferro como complexos orgânicos, visto terem encontrado formas inorgânicas de Al e Fe (e Si, talvez) como imogolita ou minerais semelhantes a ela em horizontes Bh e Bs. Eles destacaram que a imogolita não poderia ser depositada por soluções fúlvicas consideradas como a principal forma de mobilidade de Al e Fe em Espodossolos, sendo possivelmente, neoformada nestes horizontes.

As diferentes teorias envolvendo complexação orgânica, adsorção, precipitação e degradação microbiana, como mecanismo de eluviação e iluviação, são, em parte, contraditórias, e indicam que alguns desses processos podem ocorrer simultaneamente (LÜNDSTROM et al., 2000).

2.3. Critérios empregados na definição de horizonte B espódico

De acordo com EMBRAPA (2006), o horizonte B espódico é caracterizado pelo acúmulo de compostos orgânicos iluviais associados a óxidos de alumínio e ferro, podendo apresentar diferentes graus de cimentação. Apresenta cores avermelhadas ou escuras e textura arenosa ou média com as partículas de areia e silte revestidas por matéria orgânica e óxidos de alumínio e ferro amorfos, podendo também apresentar poros preenchidos por esses materiais. Os tipos de estrutura mais comumente encontrado no horizonte espódico são grãos simples ou maciça, não se descartando a possibilidade de ocorrência de outros tipos. Outra exigência da definição do horizonte B espódico é apresentar percentagem de alumínio mais metade da percentagem de ferro determinados por oxalato de amônio com valor superior ou igual a 0,5, sendo este pelo menos o dobro em relação ao do horizonte A ou E.

De acordo com o grau de cimentação e composto iluvial predominante, pode-se identificar horizontes espódicos de três diferentes tipos, os quais são representados por símbolos como Bh, quando há o predomínio de compostos orgânicos complexados com alumínio precipitados entre as partículas do solo conferindo cores escuras com valor e croma baixos ao horizonte; Bhs, predomínio de compostos amorfos de alumínio e ferro (extraídos pelo oxalato) junto à matéria orgânica, acumulados de forma heterogênea e cores avermelhadas ou amareladas (2,5YR a 10YR) com valor e croma 3/4, 3/6, 4/3 ou 4/4 e; Bs, quando há o predomínio de compostos de ferro com pouca presença de material orgânico, conferindo ao horizonte espódico cores vermelhas ou amarelas vivas, ou seja, com valor 4, 5 ou 6 e croma alto.

Quando apresenta acentuado grau de cimentação (estrutura maciça muito firme ou extremamente firme), o horizonte espódico recebe a denominação de “ortstein” acrescentando-se o sufixo “m” ao símbolo do horizonte. Esta cimentação se dá por compostos organometálicos e compostos de alumínio, ferro e sílica amorfos.

O horizonte B espódico pode também ocorrer associado ao horizonte plácico, que apresenta espessura fina (de 0,5 a 2,5 cm) e é fortemente cimentado por ferro ou ferro e manganês podendo haver ou não a participação de material orgânico.

Outros critérios adotados na Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) para “spodic materials”, ainda não foram implementados no SiBCS, embora alguns resultados já tenham sido obtidos em solos brasileiros revelando sua não adequação para alguns Espodosolos como os de ambientes Terciários do delta do São Francisco (MOURA FILHO, 1998). Entre eles destacam-se a densidade ótica no extrato do oxalato, teor mínimo de carbono orgânico para Bh, valores de pH e avaliação da ocorrência ou não de material “amorfo” (imogolita e, ou alofana). Além disso, no SiBCS a ordem é dividida conforme os teores de Fe e matéria orgânica em Espodosolos Humilúvicos, Ferrihumilúvicos e Ferrilúvicos (EMBRAPA, 2006) de forma visual e, portanto, subjetiva, fazendo-se necessário o ajuste de critérios analíticos para a classificação no segundo nível categórico destes solos.

Tudo isto aponta para a necessidade de maior número de investigações sobre a classe, pelo menos a título de melhor conhecer as características físico-químicas baseadas em extratores não rotineiramente utilizados nas análises de caracterização de perfis de solos normalmente empregadas no país. Deve-se resaltar que Al e Fe extraídos pelo oxalato, ditionito ou pirofosfato não aparecem nos resultados analíticos de horizontes espódicos de levantamentos e viagens de correlação destes solos, mesmo aqueles mais recentes (EMBRAPA, 1994, EMBRAPA, 2000).

2.4. Ortstein e Caráter plácico

O termo Ortstein refere-se ao horizonte espódico cimentado (Bsm, Bhm ou Bhsm), principalmente por matéria orgânica e alumínio, podendo também estar envolvidos na cimentação o Fe e Si, ainda que em pequenas quantidades, ou até mesmo ausente, como no caso do Si (LEE et al., 1988; ESTADOS UNIDOS,

1999; MOKMA, 1999; EMBRAPA, 2006). O grau de cimentação deste horizonte é de tal magnitude que, em geral, caracteriza a consistência seca como muito dura ou extremamente dura, e muito firme ou extremamente firme quando úmida, ou seja, a resistência à ruptura pouco afetada pelo teor de umidade.

O Ortstein ocorre em diferentes profundidades, na forma de nódulos ou com organização vertical ou horizontal. Nesta última situação, tende a ser restritivo à penetração de raízes e à percolação de água, sendo na maioria dos casos o principal responsável pela formação dos chamados Espodossolos Hidromórficos (MOKMA, 1999). Quanto mais à superfície ocorre, mais limitante é a utilização agrícola do solo, sobretudo com eucalipto, onde crescimento restrito, ou mesmo morte total de plantas ao longo do tempo tem sido constatado com frequência, em plantios na zona costeira do sul da Bahia e norte do Espírito Santo.

Este tipo de horizonte tem sido frequentemente observado em Espodossolos ao longo da costa brasileira, principalmente em áreas deprimidas e arenosas da Formação Barreiras (muçunungas), onde normalmente encontra-se sobre duripã e, ou fragipã. Ocorre, também, em áreas planas relativas aos sedimentos areno-quartzosos (cordões arenosos) do Quaternário (EMBRAPA, 1975a; EMBRAPA, 1975b; EMBRAPA, 1977; EMBRAPA, 1980; EMBRAPA, 2000).

O horizonte de caráter plácico apresenta coloração variando de vermelho escuro a preto conferida por agentes cimentantes compostos por ferro ou ferro e manganês, com ou sem matéria orgânica. Sua espessura mínima é de 0,50 cm podendo atingir até 2,50 cm se associado a materiais espódicos. Este horizonte funciona como uma barreira à penetração de raízes e água, a menos que ocorram fendas que permitam sua passagem (VAN WAMBEKE, 1992; EMBRAPA, 2006).

A presença destes horizontes em algumas áreas de Espodossolos transicionais a Argissolos da Formação Barreiras tem sido também observada (EMBRAPA, 2000).

2.5. Fragipã e duripã

Embora incluídos aqui em um mesmo item, em razão do fenômeno comum que estes horizontes apresentam, ou seja, a dureza marcante quando secos (“hardpan”), existem diferenças conceituais entre eles, conforme amplamente documentado na literatura.

O conceito de fragipã do atual SiBCS (EMBRAPA, 2006) corresponde parcialmente ao conceito adotado pela Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) e refere-se a um horizonte mineral subsuperficial, endurecido e aparentemente cimentado quando seco, contínuo ou presente em 50% ou mais do volume de outro horizonte. Seu conteúdo de matéria orgânica é pequeno e os valores de densidade do solo são normalmente elevados e superiores aos horizontes subjacentes.

A coloração do fragipã tende a esbranquiçada, quase sempre com a presença de mosqueados ocres e pequenos. A textura é, na maioria dos casos, média tendendo a arenosa, com expressiva participação da fração areia, não sendo raros os casos de textura arenosa. Mesmo com textura destes tipos, em razão da sua massividade e dureza, o fragipã tende a ser restritivo à penetração de água e raízes, particularmente quando se encontra de forma contínua no solo.

Normalmente o fragipã não apresenta organização dos elementos estruturais nítida, sendo considerado, na maioria dos casos, horizonte de estrutura maciça. Quando seco, o fragipã apresenta consistência que varia de dura a extremamente dura, e quando úmido, apresenta quebradicidade fraca a moderada, e seus elementos estruturais ou fragmentos tendem a romper subitamente sob pressão entre o polegar e o indicador, em vez de sofrerem deformação lenta (“manner failure”) (ESTADOS UNIDOS, 1999).

A gênese do fragipã e de algumas características que o definem, ainda são motivo de controvérsias. Embora alguns autores relacionem sua formação, dureza e arranjo cerrado das partículas, com fenômenos diversos ocorridos em eras geológicas passadas, tais como: consolidação dentro de uma camada de

“permafrost”, pressão por peso de geleiras etc. A maioria dos autores que estudaram o assunto, conforme destaca a última versão da Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999), consideram-no como um horizonte resultante de processos pedogenéticos.

Para explicar a gênese do fragipã e de características a ele associadas por processos pedogenéticos, alguns autores destacam que o arrançamento denso e a dureza podem ser resultantes do rearranjo de partículas com empacotamento por argilas, além de ligações químicas mais frágeis por um ou mais agentes e não necessariamente o mesmo em todos os tipos de solos, destacando-se aí a participação da sílica (NETTLETON et al., 1968; HALLMARK & SMECK, 1979; FRANZMEIER et al., 1989); alumínio e, em menor quantidade, ferro (RODRIGUES E SILVA & LEPRUN, 1997; MOREAU, 2001); pontes de hidrogênio com aluminossilicatos (ESTADOS UNIDOS, 1999) etc. A fragilidade das reações químicas poderia ser a explicação para a quebradicidade do fragipã quando imerso em água por duas horas, conforme recomendado (ESTADOS UNIDOS, 1999; EMBRAPA, 2006). Por sua vez, o mosqueado ou a presença de pequenas fissuras com cores mais claras correlacionando-se com reações de oxirredução e permitindo a visualização de um arrançamento poligonal grosseiro, onde no interior dos fragmentos observa-se orientação de argilas, ainda que tênue (ESTADOS UNIDOS, 1999), parecem processos suficientes para corroborarem a explicação destas características por pedogênese.

O conceito de duripã adotado pelo SiBCS é também derivado do sistema americano de classificação de solos, com adequações e modificações. Refere-se a um horizonte mineral subsuperficial cimentado, principalmente por sílica, e em magnitude tal que os fragmentos secos não se esboroam, mesmo durante período prolongado de umedecimento em água (EMBRAPA, 2006), ou mesmo em HCl 1 mol L⁻¹.

Além da sílica, outros agentes cimentantes tais como carbonatos de cálcio, alumínio e ferro podem estar presentes nos duripãs. Podem apresentar-se contínuos ou fragmentados. Assim, os duripãs variam quanto à aparência, mas apresentam consistência seca muito dura à extremamente dura, e úmida, muito firme a extremamente firme. A água e mesmo raízes não penetram na parte

cimentada, a não ser ao longo de fraturas verticais que se distanciam de 10 cm ou mais.

É importante ressaltar que a Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) destaca que o agente cimentante principal dos duripãs é, em geral, a sílica iluvial. Por esta razão, são mais encontrados em áreas afetadas por vulcanismo, sobretudo nas regiões de clima mais úmido, embora os materiais vulcânicos não sejam os únicos materiais de origem dos duripãs. Ainda segundo ESTADOS UNIDOS (1999), ocorrem mais freqüentemente em áreas de clima sazonalmente ou usualmente secos (regimes de umidade xérico ou árido).

No Brasil, tanto duripãs como fragipãs têm sido mais constados na região semi-árida (EMBRAPA, 1975a; EMBRAPA, 1975b; EMBRAPA, 1977; EMBRAPA, 1980) do que na região litorânea, embora nestas últimas tenham merecido mais estudos referentes à sua gênese (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; GOMES, 2005).

2.6. Restinga

Ao longo da costa brasileira encontram-se vastas planícies sedimentares arenosas (planícies litorâneas) formadas por sedimentos arenosos marinhos e flúvio-marinhos depositados em função das transgressões e regressões marinhas do período quaternário. Essas planícies de cordões arenosos possuem vegetação de tipos e composições característicos e de ampla diversidade biológica, denominada “vegetação de restinga” (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

No Brasil, a vegetação das restingas apresenta tanto componentes herbáceos e arbustivos como arbóreos formando matas com porte em torno de 20 m de altura (GOMES, 2005).

As Restingas apresentam grande heterogeneidade na flora que as compõem, que por sua vez são dependentes de variações climáticas e geomorfológicas, sendo disposta de forma paralela à linha da praia (zonação). A composição vegetal no sentido perpendicular a esta linha é muito variável e forma um gradiente crescente em complexidade à medida que se adentra ao continente,

cada vez mais rico em número de espécies, especialmente de bromélias epífitas (ARAÚJO & LACERDA, 1987; COGLIATTI-CARVALHO et al., 2001).

A dinâmica e manutenção deste ecossistema vêm sendo asseguradas pelo desenvolvimento de recifes de corais em associação a mudanças no nível relativo do mar, que exercem importante papel na dispersão e acumulação de sedimentos ao longo da linha da costa (CHRISTOFOLETTI, 1980). A fitofisionomia destes ecossistemas resulta da interação de fatores ambientais como clima, topografia, proximidade do mar, condições do solo, profundidade do lençol freático, bem como as variações do nível do mar (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; PEREIRA et al., 2001; SANTOS et al., 2004; CORDEIRO, 2005; SONEHARA, 2005).

As principais classes de solos encontradas nas restingas são os Espodosolos e os Neossolos Quartzarênicos, sendo os “sprays” marinhos considerados as principais fontes de nutrientes destes ambientes (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

Além dos diversos biomas componentes da zona costeira brasileira como a Mata Atlântica e os Manguezais, as Restingas vêm sendo fortemente impactadas devido às atividades de especulação imobiliária e expansão urbana, onde se observa o desmatamento acelerado e a retirada de areia para construção, levando ao decréscimo da biodiversidade dos recursos destes ecossistemas, que são fundamentais para os desenvolvimentos sociais e culturais das comunidades estabelecidas nestas regiões (BECCATO, 2004; FONSECA-KRUEL & PEIXOTO, 2004).

2.7. Grupo Barreiras

De acordo com SCHOBENHAUS et al. (1984) a denominação Barreiras com sentido estratigráfico foi empregada pela primeira vez por Moraes Rego em 1930, para referir-se aos sedimentos terciários observados nos baixos platôs amazônicos e que guardavam marcas semelhantes com aqueles dos tabuleiros costeiros do nordeste e leste brasileiro. Moraes Rego os descreveu como “leitões de

argila de cores variegadas, geralmente vivas, vermelhas, verdes, brancas ou mosqueadas, com leito de areias inconsistentes e concreções ferruginosas ...”.

No estado da Bahia, estes sedimentos terrígenos que englobam a quase totalidade dos sedimentos terciários estendem-se pela faixa leste desde a linha de costa, ou o limite com os depósitos do quaternário, até as bordas das elevações do complexo cristalino, e que ocorre de forma sobreposta à unidade geomorfológica denominada Tabuleiros Costeiros (BRASIL, 1987; VILAS BOAS, 1996).

De acordo com BIGARELLA & ANDRADE, (1964) estes sedimentos são depósitos correlatos de duas bem marcadas fases de pediplanação que ocorreram durante o Cenozóico em toda costa brasileira. A primeira grande fase de aplainamento relacionada à sedimentação Barreiras desenvolveu-se no Plioceno Inferior e corresponde à Superfície Sul Americana de KING (1956). A segunda fase de aplainamento parece ter se estendido do Plioceno Superior ao Pleistoceno Inferior, correspondendo à Superfície Velhas de KING (1956) (BIGARELLA e ANDRADE, 1964; BIGARELLA, 1975; BRASIL, 1987; VILLAS BOAS, 1996).

As fases de sedimentação citadas anteriormente e seus respectivos sedimentos correlativos (Barreiras), estariam relacionadas com as variações climáticas pretéritas, ainda que não exclusivamente, durante as quais o nível do mar esteve muito acima do nível atual (BIGARELLA & ANDRADE, 1964; BIGARELLA, 1975, BRASIL, 1987; VILAS BOAS, 1996). Assim, o material intemperizado durante as fases mais úmidas (nível do mar mais elevado), era posteriormente removido e depositado durante a fase árida subsequente, sob a forma de fluxos de detritos e lamas (BIGARELLA, 1975). De acordo com BRASIL, (1987), é concensual entre diversos pesquisadores, que este transporte foi torrencial através de canais anastomosados, aportes laterais e longitudinais, típico de climas com chuvas irregulares e concentradas.

Em áreas de domínio da Formação Barreiras na região sul do Estado da Bahia e Norte do Espírito Santo, com seu relevo tabular característico e com amplo domínio de Argissolos e Latossolos Amarelos (BRASIL, 1977a; EMBRAPA, 1977; EMBRAPA, 1979; EMBRAPA, 2000), ocorre um tipo de ambiente diferenciado tanto em tipo de vegetação quanto em características edáficas, normalmente em áreas depressionais, de formato circular ou não,

caracterizado por apresentar solos de textura arenosa, soltos, de fácil escavação e que acumulam água no período de chuvas (FERREIRA, 1986) sem motivo aparente. Esses ambientes são localmente denominados de “muçunungas” ou “mussunungas”. De acordo com SOUZA (1927) este termo se refere a terrenos fofos, arenosos e úmidos, já mencionados no Dicionário de Vocábulo Brasileiro, de autoria de Beaurepaire Rohan de 1889. Ainda na linguagem popular, em razão das cores claras do horizonte E alvíscio, ou escura do Bh ou Bhs não cimentado, estes solos são denominados como muçunungas brancas ou muçunungas pretas, respectivamente.

O exame um pouco mais detalhado destes solos, sempre se constata em profundidade, ainda que variável, a ocorrência de um horizonte escuro (Bh e, ou Bhs, principalmente, sempre muito duro – ortstein), sobrejacente a um horizonte claro, também cimentado (fragipã/duripã). Estes horizontes, podem se apresentar contínuos ou fragmentados e, aparentemente, são os responsáveis pelo acúmulo de água no período chuvoso.

As muçunungas apresentam vegetação variada, indo de herbácea a arbórea, passando por herbáceo-arbustiva. Esta diferenciação de acordo com HEINSDIJK et al. (1965), parece estar relacionada com atributos edáficos, mais especificamente à profundidade de horizonte endurecido “ortstein”. É importante destacar que quando arbórea, a vegetação da muçununga é bastante parecida fisionalmente com as chamadas matas ou florestas de restinga.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

3.1.1. Localização

As áreas do presente estudo situam-se no Sul do Estado da Bahia entre os paralelos 17° S e 18° 15' S e os meridianos 39° W e 40° 30' W, abrangendo parte dos municípios de Alcobaça, Caravelas, Mucuri, Nova Viçosa e Teixeira de Freitas (Figura 2).

3.1.2. Clima e vegetação

De acordo com a classificação climática de Köeppen, há dois tipos de clima predominantes na região em estudo: Af – clima quente com precipitação igual ou superior a 60 mm no mês mais seco e temperaturas médias acima dos 18 °C no mês mais frio; Am – intermediário aos climas Af e Aw - este clima é tropical chuvoso de monção com inverno seco (precipitação menor que 60 mm no mês mais seco) e meses frios com média superior a 18 °C (BRASIL, 1979).

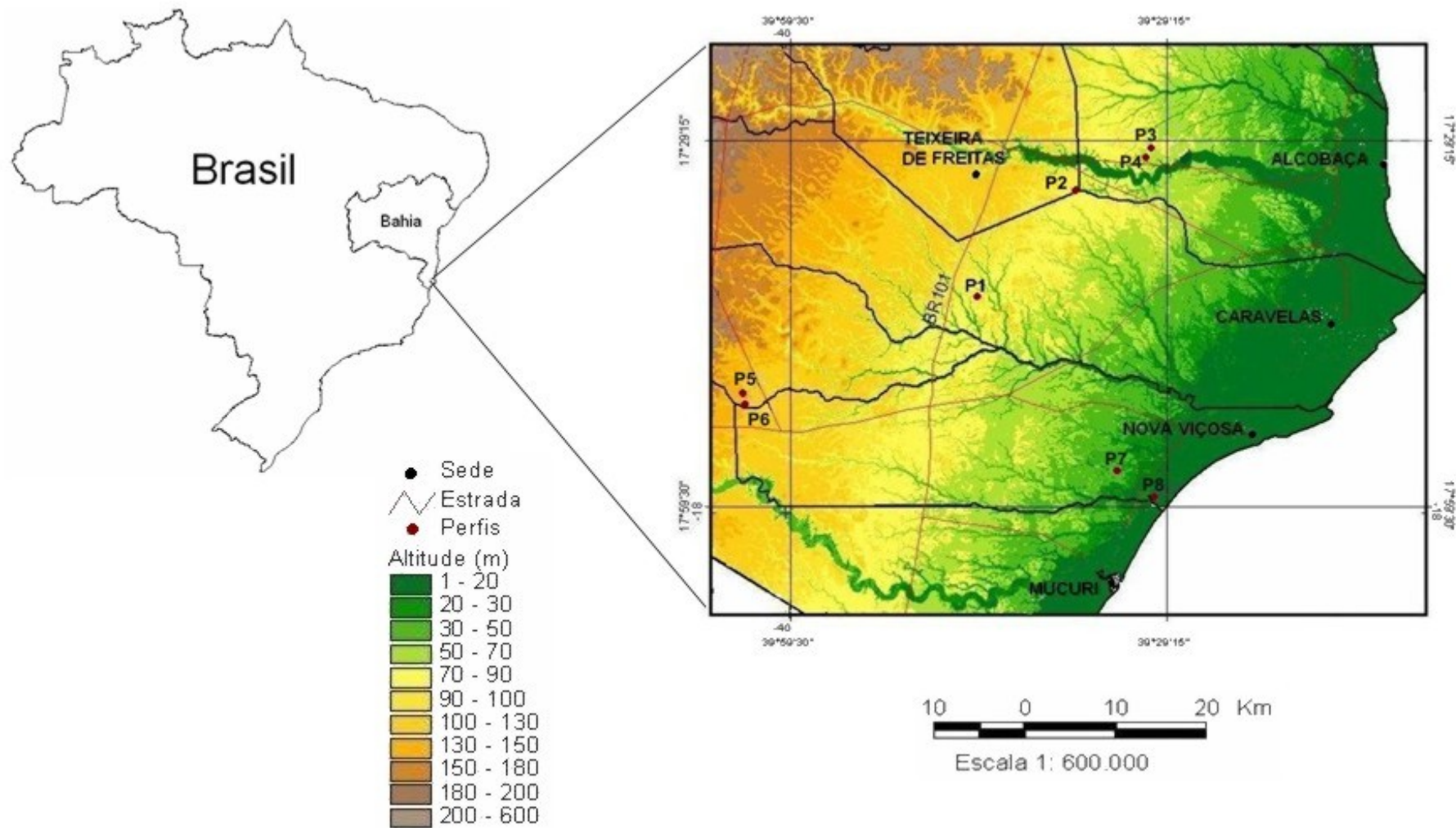


Figura 2. Localização da área de estudos com indicação dos perfis P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8.

A região em estudo está situada em áreas originalmente cobertas por Mata Atlântica com dois tipos distintos de formação vegetacional, denominados Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, compostas por árvores cujo porte varia de 20 a 30 metros, submata arbórea com lianas e epífitas e o Sistema Edáfico de Primeira Ocupação ou Formações Pioneiras que se subdivide em: Contato Savana/Floresta Ombrófila Densa (Muçunungas) de composição vegetal representada por Savana Gramíneo-Lenhosa e Áreas de Influência Marinha (Restingas) que são cobertas por vegetação Arbórea e Herbáceo-arbustiva (BRASIL, 1987, VELOSO et al., 1991).

3.1.3. Geomorfologia e geologia

A região deste estudo é caracterizada pela presença de sedimentos do Grupo Barreiras que tangenciam a linha da costa ou são seguidos de depósitos quaternários em direção à mesma, sendo estes, em alguns locais, bem desenvolvidos, como ocorre nas cidades de Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa. O Grupo Barreiras é formado por depósitos de materiais pré-intemperizados de origem continental com granulometria argilosa, argilo-arenosa ou arenosa formando camadas com linhas de pedra.

Os processos de aplainamento das superfícies de acumulação são integrantes do ciclo Velhas e originaram as Chãs e os Tabuleiros, feições típicas da Formação Barreiras que apresentam topografia característica de formas tabulares dissecadas em vales profundos com encostas de declividade acentuada, sendo o relevo predominante suave ondulado (BRASIL, 1987).

Os depósitos quaternários, representados pelos Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praias, situam-se em cotas mais baixas e próximas à linha de costa atual, sendo bem representados na faixa costeira do Brasil. No interior eles são menos expressivos e estão relacionados apenas a depósitos de grandes redes fluviais. São representados por depósitos aluvionares fluviais e fluviomarinhas. Estes depósitos podem alcançar espessuras de centímetros à até por volta de 30 metros em relação ao nível do mar. Os terraços arenosos pleistocênicos constituem-se de calcários, argilas, areias grosseiras e sedimentos areno-siltico-argilosos. Já os Terraços Arenosos Holocênicos são constituídos por areias brancas grosseiras mal selecionadas compostas por quartzo (e fragmentos de conchas) podendo conter grânulos, seixos e minerais pesados. Estes

depósitos formam os cordões litorâneos, areias e outras coberturas rasas (KING, 1956; BRASIL, 1987; BITENCOURT, 1996; REZENDE, 2000).

3.2. Seleção dos perfis e coleta de amostras de solos

Após abrangente percorrido da área de estudo, foram selecionados oito perfis representativos de solos com características espódicas e transicionais para materiais espódicos (Figura 2). No ambiente de Restinga, foi coletado apenas um perfil (P7), uma vez que em diversas tradagens realizadas, não se chegou ao horizonte espódico até 200 cm, provavelmente por se tratarem de Espodossolos Hiperespessos (EMBRAPA, 2006), ou Neossolos Quartzarênicos (antigas Areias Quartzosas Marinhas), também comuns neste ambiente.

3.2.1. Caracterização morfológica

Foram realizadas no campo a descrição morfológica dos perfis e a amostragem dos solos para as análises laboratoriais, ambas de acordo com SANTOS et al. (2005). O material coletado foi seco e triturado, quando necessário, e passado em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida às análises descritas a seguir.

3.3. Caracterização física

3.3.1. Análise textural

A TFSA (10 g) foi tratada com 50 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹ e 150 mL de água deionizada em três repetições, agitando com um bastão de vidro e deixando em repouso por um período de 6 horas. Em seguida o material foi transferido para frascos plásticos que após tampados foram agitados durante 16 horas a 50 rpm. A suspensão foi passada para proveta de 500 ml através de peneira de malha de 0,053 mm separando as frações areia fina e grossa (retidas) das silte e argila (suspensão). As frações areia grossa e areia

finas foram separadas após passagem em peneira de malha de 0,210 mm. O material em suspensão foi transferido novamente para a proveta de 500 ml, completando-se o volume com água deionizada, determinando depois a argila pelo método da proveta e a fração silte por diferença (RUIZ, 2005).

3.3.2. Caracterização química

3.3.2.1. Análises de fertilidade do solo

As análises foram realizadas em três repetições de acordo com EMBRAPA (1997) e constaram de: pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, determinados potenciometricamente, na relação solo:solução de 1:2,5 com 1 h de contato e agitação da suspensão no momento da leitura; extração de fósforo disponível, sódio e potássio trocáveis e os micronutrientes zinco, ferro, cobre e manganês com HCl 0,5 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1), na proporção 1:10, sendo o fósforo determinado espectrofotometricamente, o sódio e potássio por fotometria de emissão de chama e os micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica; dosagem de cálcio e magnésio trocáveis por espectroscopia de absorção atômica e do alumínio trocável por titulometria após a extração com KCl 1 mol L⁻¹ na relação 1:10; determinação da acidez potencial (H + Al) por titulometria após extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ na relação 1:10 e pH 7,0, e dosagem do S-SO₄²⁻ por espectrofotometria após ter sido extraído com fosfato monocálcico em ácido acético na proporção 1:2,5.

3.3.2.2. Ataque sulfúrico

Nos extratos obtidos pela digestão em três repetições da TFSA, moída e passada em peneira com malha de 0,5 mm, com H₂SO₄ 9,0 mol L⁻¹ na proporção 1:20, com aquecimento de 170 °C por 1 h e filtração em papel de filtro lento (EMBRAPA, 1997), foram determinados os seguintes elementos: alumínio, ferro, titânio e manganês por espectrofotometria de emissão óptica plasma acoplado indutivamente, e no resíduo do filtrado obtido pela lavagem do papel de filtro com água deionizada foi determinado o silício por espectroscopia de absorção atômica.

3.3.2.3. Ferro e alumínio extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato, oxalato de amônio e pirofosfato de sódio

Diferentes frações de ferro e alumínio foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica. Após a moagem e passagem das amostras em peneira de 0,15 mm foram realizadas as extrações em três repetições com: ditionito-citrato-bicarbonato de sódio 0,3 mol L⁻¹ na proporção solo:solução de 1:20, permanecendo em “banho-maria” a 75 °C sob agitação constante por 15 minutos, sendo, em seguida centrifugado a 2.500 rpm por 15 minutos em três extrações sucessivas (MEHRA & JACKSON, 1960); oxalato ácido de amônio 0,2 mol L⁻¹ a pH 3,0 na proporção 1:40, com agitação por 4 h na ausência de luz e centrifugação a 2.500 rpm por 15 min (SCHWERTMANN, 1973; McKEAGUE & DAY, 1966) e pirofosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹ a pH 10,0 na proporção 1:100, com agitação por 16 h, sendo a suspensão centrifugada a 2.500 rpm por 15 min (WANG, 1978; SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989; EMBRAPA, 1997).

3.3.2.4. Densidade ótica do extrato do oxalato de amônio (DOEO)

No extrato do oxalato de amônio foi feita a leitura da densidade ótica (absorbância) por espectrofotometria utilizando-se cubeta com área da secção transversal de 1,0 cm², incidindo-se luz com comprimento de onda de 430 nm (USDA, 1996).

3.3.3. Caracterização da matéria orgânica

3.3.3.1. Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) da TFSA foi determinado em três repetições pela titulação do dicromato de potássio remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988). Neste método adicionou-se 5 mL de dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 mL de H₂SO₄

à, aproximadamente, 0,5 g de amostra contida em tubo de digestão procedendo-se com o aquecimento em bloco digestor a 170 °C por trinta minutos. Em seguida foi feita a transferência quantitativa do volume do tubo para erlenmeyer utilizando-se água destilada até obção de um volume aproximado de 80 mL. Adicionaram-se 0,3 mL da solução indicadora de ferroin, obtida pela dissolução de 1,485 g de o-fenantrolina e 0,695 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ em 100 mL de água destilada. Posteriormente foi feita a determinação do carbono pela titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal que consistiu na solução de 156,8 g de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ com 100 mL de H_2SO_4 concentrado completando-se com água destilada um balão volumétrico de 2.000 mL.

3.3.3.2. Nitrogênio total

O nitrogênio total foi determinado pelo método desenvolvido por Kjeldahl em 1883 (BREMNER & MULVANEY, 1982; TEDESCO et al., 1995), que consiste de duas etapas: digestão sulfúrica e destilação. Para isso pesou-se 0,5 g de solo moído e passado em malha de 0,2 mm em tubo de digestão. Em seguida, adicionaram-se 2,0 mL de H_2SO_4 concentrado e 0,7 g de mistura digestora (1 g de selênio metálico, 10 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e 100 g de NaSO_4 , moídos e homogeneizados). Estes tubos foram, então, levados ao bloco digestor elevando-se gradualmente a temperatura até 375 °C, permanecendo por aproximadamente 2 horas em digestão. Após esfriar foi realizada a destilação do nitrogênio com a adição de 15 mL de NaOH 10 mol L^{-1} e coleta do volume destilado em erlenmeyer contendo 5 mL de solução indicadora de ácido bórico. Esta solução foi preparada em três etapas: a primeira etapa consistiu da dissolução de 0,660 g de verde de bromocresol e 0,330 g de vermelho de metila em 1.000 mL de etanol 95 %. Na segunda etapa realizou-se preparo da solução indicadora seguindo-se pela dissolução de 40 g de ácido bórico em aproximadamente 1.400 mL de água destilada quente, que após esfriar procedeu-se com a terceira etapa do preparo na qual esta solução foi transferida para balão volumétrico de 2.000 mL onde foram adicionados 40 mL da solução de verde de bromocresol e vermelho de metila, anteriormente preparada e em seguida completou-se o volume do balão com água destilada. A solução então contida no erlenmeyer foi titulada com HCl 0,005 mol L^{-1} .

3.3.3.3. Fracionamento de substâncias húmicas

As diferentes frações foram obtidas pela separação por diferença de solubilidade em meio ácido e alcalino pelo método sugerido pela International Humic Substances Society (SWIFT, 1996).

A fração humina foi separada das frações ácido húmico e ácido fúlvico agitando-se verticalmente tubos de centrifuga de 50 mL contendo 1,0 g de TFSA moída e passada em peneira de 0,20 mm com 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 1 h. Em seguida as amostras permaneceram em repouso por doze horas e foram centrifugadas a 3.000 g por 20 minutos. Novamente, foram adicionados 10 mL de NaOH nos tubos que foram agitados manualmente e deixados em repouso por uma hora até que foram centrifugados a 3.000 g. Este último procedimento foi realizado mais uma vez. Os resíduos nos tubos contendo a fração humina foram secos a 45 °C. O extrato alcalino teve o pH aferido em 2,0 com solução de H₂SO₄ a 20 % e ficou em repouso por 12 h para precipitação da fração ácidos húmicos. Procedeu-se a centrifugação a 3.000 g por 5 minutos e recolheu-se o sobrenadante contendo a fração ácidos fúlvicos, que teve o volume aferido para 50 mL. O resíduo no tubo (fração ácidos húmicos) foi resuspendido com NaOH 0,1 mol L⁻¹ e o volume completado para 50 mL.

O carbono orgânico das frações foi determinado pelo processo de oxidação via úmida (YEOMANS & BREMNER, 1988) e o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (BREMNER & MULVANEY, 1982; TEDESCO et al., 1995).

3.3.3.4. Matéria orgânica leve em água (MOL)

Após a dispersão de 50,0 g de amostra com 100 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ em repouso durante uma noite, o material foi agitado e passado em peneira de 0,25 mm, eliminando-se as frações silte e areia fina. O resíduo foi recolhido e a MOL foi separada da fração mineral por flotação até que todo o material fosse coletado e transferido para recipientes previamente tarados. Posteriormente, o material foi seco em estufa a 65 °C por, aproximadamente, 72 h e todo o conjunto foi pesado.

A determinação da MOL foi feita por diferença de peso: [(lata + MOL) – lata] (ANDERSON & INGRAM, 1989).

Para a quantificação do carbono e nitrogênio as amostras foram moídas em almofariz de ágata e passadas em peneira com malha de 0,150 mm. Em seguida foram secas em estufa de circulação de ar por 48 horas a 55 °C e, posteriormente, armazenadas em dessecador. A quantificação do C, N e H foi realizada por combustão a seco em analisador elementar (CHNS, Perkin Elmer, Optima 2400).

3.3.3.5. Ácidos orgânicos de baixa massa molecular (AOBMM)

Foi realizada a extração dos ácidos orgânicos de baixa massa molecular em 2,5 g de TFSA dos horizontes A e espódicos dos perfis. A TFSA foi moída almofariz de ágata e passada em peneira com malha de 0,150 mm à qual se adicionaram 5 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Agitou-se a suspensão por 1 hora a 150 rpm a 4 °C, centrifugando-a a 3000 g por 15 minutos também a 4 °C. Em seguida, uma alíquota de 1 mL do sobrenadante foi centrifugada a 14.000 g por 15 minutos e, então, filtrada em filtro de membrana com poros de 0,45 µm. A separação dos AOBMM foi realizada por cromatografia iônica (SILVA et al., 2001; PEGORARO et al., 2005). Utilizou-se uma coluna analítica AS-11 (25 x 4,0 mm) equipada com coluna guarda AG-11 e “trap” de ânions ATC-4. Utilizou-se um gradiente de NaOH e metanol, em um fluxo de 1,0 mL min⁻¹. A detecção foi feita por condutividade elétrica suprimida por meio de detector eletroquímico. Para algumas amostras selecionadas também foi feita detecção simultânea com um detector de arranjo de diodos.

3.3.4. Análise mineralógica

Foi realizada, a partir da TFSA, a separação das frações argila e silte por sedimentação e da fração areia por tamisação (EMBRAPA, 1997).

Foi feita na fração argila a remoção de óxidos de ferro e alumínio utilizando ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (MEHRA & JACKSON, 1960) e, em seguida, realizaram-se tratamentos de saturação com MgCl_2 e KCl , ambos a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. A montagem das lâminas de vidro foi feita de forma orientada por esfregaço. Nas argilas saturadas com MgCl_2 foi feita a solvatação com glicerol e naquelas saturadas com KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ foram realizadas leituras a temperatura ambiente e após aquecimento a $550 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 h. Foram também montadas lâminas de argila natural saturada apenas com MgCl_2 .

As lâminas de silte e areia foram montadas em pó não orientado, sendo utilizadas lâminas escavadas.

A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-x em difratômetro Rigaku Radiation Shield. Empregou-se radiação $\text{Co-K}\alpha$ na faixa entre 2 a $45 \text{ }^\circ 2\theta$ em intervalos de $0,02 \text{ }^\circ 2\theta$ a 1 passo s^{-1} , com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA.

3.3.5. Análise microscópica da fração areia grossa

Foi realizada a observação da fração areia grossa (0,5 – 1,0 mm) ao microscópio ótico colocando-se pequenas quantidades de amostra em lâminas de vidro. Para obtenção de amostras desagregadas, isto é, com minerais isolados, procedeu-se o tratamento prévio das mesmas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ na proporção 1:20, permanecendo em “banho-maria” a $75 \text{ }^\circ\text{C}$ sob agitação constante por 15 minutos. Este procedimento foi realizado em três vezes consecutivas. Posteriormente as amostras foram lavadas com água destilada e secas em estufa de circulação de ar forçada a $42 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características morfológicas

Morfologicamente os solos apresentam características diferenciadas de cor, estrutura, profundidade e espessura dos horizontes (Quadro 1 e Figura 3). Os Espodossos referentes aos perfis P1, P2, P3, P4 e P8 apresentaram horizonte E alábico, seguido de horizonte espódico cimentado (“ortstein”), com diferentes espessuras e profundidades. Esta cimentação, segundo FARMER et al. (1983b) se dá pela precipitação de compostos orgânicos, antes em solução, entre os grãos de quartzo.

Nos ambientes do Barreiras, abaixo do horizonte espódico destes solos constatou-se sempre a presença de fragipã. A consistência seca muito dura e extremamente dura, e firme a extremamente firme quando úmida, tanto do horizonte espódico endurecido, como do fragipã, são características comuns de Espodossolos reconhecidos em outras áreas dos Tabuleiros Costeiros (EMBRAPA, 1975a, EMBRAPA, 1975b; EMBRAPA, 1980; EMBRAPA, 2000) e constituem fatores impeditivos tanto a penetração de água como de raízes.

Nos perfis P5 e P6, além da coloração escura (“pó de café”) desde a superfície, o B espódico apresentava-se solto, muito friável, porém com estrutura fraca a moderada,

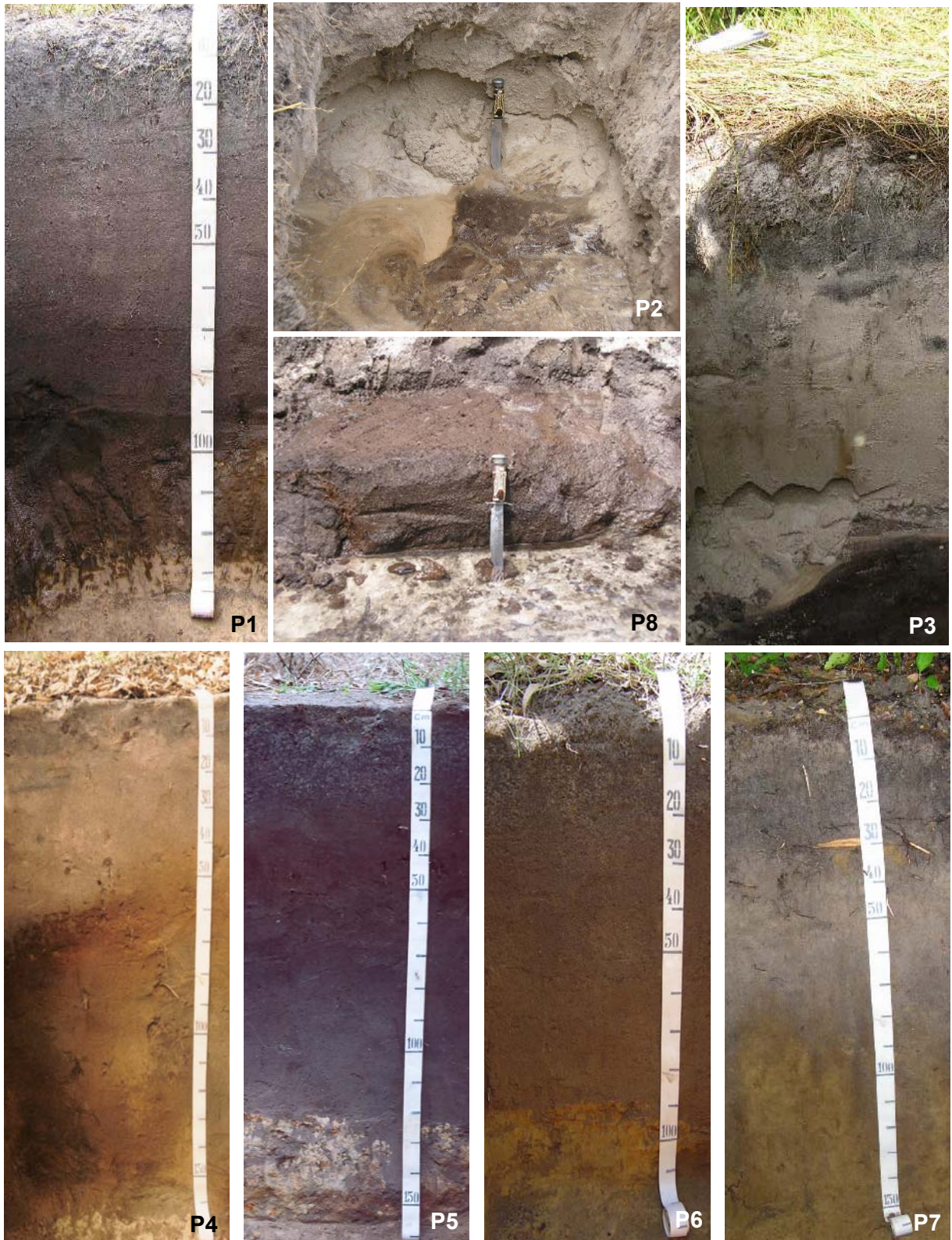


Figura 3. Fotografias ilustrativas dos perfis estudados. Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico (P1, P2, P3 e P8 – muçunungas brancas), Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico (P4 – muçununga branca), Espodossolo Humilúvico Órtico típico (P5 – muçununga preta), Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico (P6 – muçununga preta), Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico (P7).

Quadro 1. Características morfológicas dos perfis estudados.

Horizontes	Prof. (cm)	Estrutura ¹	Consistência ²			Cimentação ³	Cor (Munsell)	
			seca	úmida	molhada		Úmida	Seca
P1 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico – Barreiras								
A	0 – 14	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 7/1	10YR 7/1
AE	14 – 28	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 5/1	10YR 5/1
E	28 – 53	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 4,5/1	7,5YR 5/2
EBh	53 - 80/90	fr m bs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 3/1,5	7,5YR 5/2
Bhm	80/90 - 94/101	ft mc	md	ef	n pl/n pg	fc	5YR 2,5/2	7,5YR 3/4
Bhsm	94/101 – 120	ft mc	md	ef	n pl/n pg	fc	5YR 3/3	7,5YR 4/6
Cx	120 - 130+	ft m/g bs	md	ef	n pl/lg pg	fc	10YR 6/3	7,5YR 7/4
P2 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico – Barreiras								
A	0 – 3	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 2/1	10YR 3/1
AE1	3 – 11	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 4/1	10YR 6/1
AE2	11 – 28	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 3/1	10YR 5/1
E	28 – 70	gs	st	st	n pl/n pg	nc	2,5Y 7/2	5Y 8/1
Bhsm	70 – 90	ft mc	ed	ef	n pl/n pg	fc	7,5YR 3/4	7,5YR 4/6
P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico arênico – Barreiras								
A	0 – 16	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 3/1	10YR 6/1
E	16 – 68	gs	st	st	n pl/n pg	nc	2,5Y 7/2	5Y 8/1
Bhg	68 - 71/90	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 4/2	10YR 5/2
Bhsm	71/90+	ft mc	ed	ef	n pl/n pg	fc	7,5YR 3/4	7,5YR 4/6
P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico típico – Barreiras								
A	0 – 13	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 4/1	10YR 5/1
E	25/59 – 65	gs	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 6/1	7,5YR 6/2
EgBhs	65 – 70	ft m/g bs	dr	mf	n pl/n pg	frc	2,5Y 5/1	2,5Y 6/3
Bhsm	70 – 82	ft mc	dr	mf	n pl/n pg	frc	5YR 3/4	10YR 3/6
2Bs	170 – 190	ft m/g bs	dr	ef	n pl/n pg	frc	7,5YR 4/4	10YR 5/2
Cx	160	ft m/g bs	dr	ef	n pl/lg pg	frc	2,5Y 7/3	2,5Y 7/4
P5 - Espodossolo Humilúvico Órtico típico – Barreiras								
A1	0 – 8	gs; fr m/g gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 2/1	10YR 3/1
A2	8 – 21	gs; fr m/g gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 2/1	10YR 4/1
A3	21 – 32	gs; fr m/g gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 2/2	10YR 3/2
Bh1	32 – 53	md p gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 3/1,5	10YR 4/2
Bh2	53 – 85	md p gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 2,5/1	10YR 4/2
Bh3	85 – 111	md p gr	st	mf	n pl/n pg	nc	10YR 3/1,5	10YR 4/1
Cx1	114 – 134	md g bs	mc	mf	n pl/lg pg	frc	2,5Y 5/6	2,5Y 7/4
Cx2	134-155+	md g bs	mc/nód.	mf	np/lg pg	frc	2,5Y 5/4	2,5Y 7,2
P6 – Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico – Barreiras								
A1	0 – 21	gs; md m gr	mc	fr	n pl/n pg	nc	10YR 2/2	10YR 3/2
A2	21 – 46	fr m bs	mc	f	n pl/n pg	nc	10YR 3/3	10YR 4/2
Bhs	46 – 83	fr m bs	mc	f	n pl/lg pg	nc	10YR 4/3	10YR 5/3
Placa plácica	83 – 95	md m/g bs	dr	mf	n pl/lg pg	frc	10YR 4/6	10YR 6/6
2Bt	120 – 150	ft m/g bs	ld	f	pl/pg	nc	10YR 5/6	10YR 6/4
P7 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico arênico – Restinga								
O	4 – 0	gs; f p gr	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 3/2	7,5YR 2,5/3
A	0 – 26	gs nc	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 3/2	7,5YR 5/2
E	45 - 68/80	gs nc	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 4/2	7,5YR 5/2
Bs1	68/80 – 110	gs nc	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 4/3	7,5YR 6/3
Bs2	110 - 150+	gs nc	st	st	n pl/n pg	nc	7,5YR 4/4	10YR 5/4
P8 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico – Barreiras								
A	0 – 15	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 3/1	10YR 3/2
E	25 – 40	gs	st	st	n pl/n pg	nc	10YR 5/2	10YR 6/1
Bhsm	40+	ft mc	ed	ef	n pl/n pg	fc	7,5YR 2,5/3	10YR 4/4

¹ Estrutura: Grau de desenvolvimento: fr = fraca, md = moderada, ft = forte. Tamanho: mp = muito pequena, p = pequena, m = média, g = grande, mg = muito grande. Tipo: gs = grãos simples, gr = granular, bs = blocos subangulares, lm = laminar, mc = maciça.

² Consistência: Seco: st = solta, mc = macia, ld = ligeiramente dura, dr = dura, md = muito dura, ed = extremamente dura, nód. = nódulos. Úmido: st = solta, mfr = muito friável, fr = friável, f = firme, mf = muito firme, ef = extremamente firme. Molhado: n pl = não plástico, lg pl = ligeiramente plástico, pl = plástico; n pg = não pegajoso, lg pg = ligeiramente pegajoso, pg = pegajoso.

³ Cimentação: nc = não cimentado, frc = fracamente cimentado, fc = fortemente cimentado.

pequena granular apesar de a textura ser areia franca e franca arenosa. Neste caso, os grãos de quartzo, componente praticamente exclusivo das frações areia e silte encontram-se cobertos por complexos organo metálicos, em arranjo arredondado sem caracterizar, entretanto, grãos simples. A este respeito, MOKMA (1999) destaca que à medida que os complexos organo-metálicos são imobilizados no horizonte B, eles capeam os grãos de quartzo e, com o continuar do processo, este capeamento torna-se mais espesso, a ponto de ocluir o quartzo.

O perfil mais litorâneo (P7), em Restinga típica, apresentou a maior diferenciação morfológica entre os Espodossolos estudados, com destaque para fato de apresentar-se solto em toda sua extensão, com estrutura do tipo grão simples. Foi também o único perfil com horizonte Bs característico e sem fragipã, mesmo prolongando-se a observação até 2 m de profundidade. Ainda que não possa generalizar esta constatação para os Espodossolos de Restinga como um todo, alguns exemplos de solos com feições morfológicas similares foram descritos em ambiente desta natureza desde o estado de Alagoas (MOURA FILHO, 1998) até o Paraná (EMBRAPA, 1980; OLIVEIRA et al, 1992), às vezes classificados como Areia Quartzosa Marinha intermediária para Podzol e, ou Parapodzol.

À exceção dos horizontes fragipãs (Cx) que apresentam ligeira pegajosidade, os demais horizontes dos solos estudados não variam quanto à consistência molhada, sendo, portanto, não plástica e não pegajosa.

É importante destacar que, apesar da menção de restrição à penetração de água e raízes, nem sempre o fragipã ou o B espódico cimentado apresentam-se contínuos. Além dos perfis coletados para este trabalho, excetuando o P7, outros Espodossolos observados ou mesmo já caracterizados em áreas de tabuleiro também no sul da Bahia (MOREAU, 2001) mostram a fragmentação destes horizontes. De acordo com ANDRIESSE, (1969) e MOKMA (1999), esta característica é bastante comum em outros Espodossolos do mundo sob diferentes condições climáticas e contribui substancialmente com o processo de podzolização quando impede que compostos orgânicos dissolvidos ou suspensos na água saiam do sistema. A transição entre horizontes espódicos e os sobrejacentes a eles variou de plana a ondulada e abrupta a clara, sugerindo variações dos fluxos de água no solo (MOKMA et al., 2004). Diferente dos demais, o perfil P7 apresentou transição sinuosa e abrupta do horizonte E para o Bhs, que se deve provavelmente à sua incipiente pedogênese, portanto o tempo de

formação deste solo foi insuficiente para a homogeneização de suas características. Este perfil difere dos demais em outros resultados devido à sua localização muito próxima ao mar e sua baixa altitude, confirmando sua pedogênese pouco avançada.

A espessura dos horizontes espódicos variou entre 12 e 79 cm, e a dos horizontes E entre 15 e 52 cm. Observou-se que à medida que os perfis se afastam do mar, maior é o grau de desenvolvimento e as evidências do processo de podzolização. Desta forma, o pouco expressivo desenvolvimento de cor e estrutura do horizonte espódico no perfil P7 deve-se ao caráter mais jovem dos sedimentos arenosos (Quaternário) à sua granulometria arenosa com predomínio de areia grossa que, por sua vez, oferece reduzida capacidade de retenção, favorecendo a percolação dos compostos orgânicos ligados aos íons Al e Fe, que percolam ou lixiviam no perfil, ficando, apenas em parte, acumulados no horizonte Bhs. Estes dados permitem a observação de diferentes graus de desenvolvimento dos Espodossolos da região, indicando a diferenciação na podzolização dos solos estudados.

Dois dos perfis de Espodossolos estudados não apresentam horizonte E (P5 e P6), sugerindo que estes solos estejam ainda em processo de podzolização. A observação de horizonte B espódico escuro, mas já com algum desenvolvimento de cor cinzenta escura logo acima do horizonte escurecido sugere que o processo ativo que pode, inclusive, culminar com o apodrecimento do horizonte E.

O perfil P7, apesar de fracamente desenvolvido, apresenta um horizonte E bem definido, que se forma principalmente pela translocação de óxidos de Fe e Al complexados com ácidos orgânicos provenientes da serrapilheira que se acumula sobre este solo, e mesmo por sua textura mais arenosa e com grande predomínio de areia grossa. A presença deste horizonte E conjugada com a podzolização, ainda que incipiente, foi que levou a classificar o P7 como Espodossolo. Em alguns trabalhos de levantamento e viagens de correlação de solos realizados no Brasil foram classificados como Espodossolo intermediários para Neossolo Quartzarênico, ou Parapodzóis.

O horizonte E é, em geral, de fácil identificação, pois difere dos demais pela coloração de acordo com dois casos: praticamente branca (álbico) com croma menor ou igual a 2 e valor, quando úmido, maior ou igual a 3 e quando seco, maior ou igual a 6, ou cinza claro (não álbito) com croma menor ou igual a 3 e valor, quando úmido, menor ou igual a 6 e, quando seco maior ou igual a 7. Os elevados valores da coloração do horizonte E são ocasionados, principalmente, pela escassez de materiais orgânicos e

óxidos de ferro, sendo então, sua cor determinada pelas partículas remanescentes de areia e silte, onde prevalece o quartzo (Item 4.6).

Em alguns perfis (P1, P2, P3 e P8) o horizonte espódico é fortemente cimentado, com estrutura maciça, sendo, portanto, caracterizado como ortstein. No perfil P5 este horizonte tem estrutura forte pequena granular e o perfil P7 apresenta estrutura em grãos simples com consistência solta.

4.2. Características físicas e químicas

A maioria dos solos estudados apresentou horizonte B espódico com textura areia franca, franco-arenosa e areia. Ressaltam-se os teores mais elevados de argila no B espódico do perfil P6, em razão do seu caráter intermediário para Argissolo (Quadro 2). Esta constatação é concordante com os resultados analíticos de Espodosolos caracterizados em áreas de Restinga ou de depressões do Barreiras no Brasil (EMBRAPA, 1975a, EMBRAPA, 1975b; EMBRAPA, 1977; EMBRAPA, 1980; GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; GOMES, 2002; GOMES 2005) e, conseqüentemente, com a definição de horizonte B espódico do SiBCS (EMBRAPA, 2006). Esses também são resultados comuns encontrados para Espodosolos de fora da zona tropical (DeCONINCK 1980; McKEAGUE et al., 1983; LÜNDSTROM, 2000).

É importante destacar a proporção mais elevada da fração areia grossa em todos os horizontes dos solos estudados. Esta característica favorece, sobremaneira, a percolação dos complexos organometálicos com a conseqüente formação do horizonte B espódico (VAN WAMBEKE, 1992). Os percentuais de argila diminuem nos horizontes E, e tendem a aumentar nos horizontes B espódicos, possivelmente pela movimentação vertical e, talvez, pela destruição da pouca argila existente nos horizontes sobrejacentes (Quadro 2). De acordo com Gardner & Whiteside (1952), citados por MOKMA (1999), à medida que os teores de argila aumentam, há uma tendência de adsorção destes complexos inibindo ou mesmo impedindo sua percolação, justificando, então a contribuição da variação textural no perfil para o processo de podzolização. Desta forma, os componentes orgânicos e organo-metálicos presentes nos horizontes de iluviação encontram-se intimamente associados a fases inorgânicas (BRYDON & SHIMODA, 1972), as quais também contribuem para a cimentação

destes horizontes. Apenas para os perfis P7 e P8 não se verificou esta tendência (Quadro 2).

Os valores de pH em H₂O indicam que os solos são ácidos (Quadro 3), resultados estes concordantes com os obtidos para outros Espodosolos estudados em ambientes de Restinga e depressões do Barreiras no país (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; ROSSI & QUEIROZ NETO, 2001; GOMES, 2002, GOMES, 2005). Os valores de pH em H₂O, maiores que aqueles obtidos com KCl 1 mol L⁻¹, indicam o predomínio de cargas negativas nos solos estudados.

A soma de bases (SB) é mais elevada nos primeiros centímetros dos perfis indicando a importância da ciclagem de nutrientes mesmo em ambientes dessaturados como estes. “Sprays” salinos, em razão da proximidade destes solos ao mar, também podem estar contribuindo com o aporte de nutrientes na superfície destes solos. Os valores de SB tendem a diminuir em profundidade com ligeiro aumento nos horizontes B espódicos, que normalmente constitui um impedimento à percolação de água ou lixiviação de íons como Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺.

Os valores de H + Al apresentaram correlação positiva com os teores de carbono orgânico tanto considerando somente os horizontes espódicos ($r = 0,95$; $p < 0,001$) como todos os horizontes ($r = 0,85$; $p < 0,001$) e apresentaram bom ajuste linear para os horizontes espódicos (Figura 4) indicando que a CTC_{pH7,0} se deve quase que exclusivamente à fração orgânica.

Os solos são distróficos ou álicos. Neste último caso, chegam a apresentar valores de Al³⁺ bem maiores que 4 cmol_c dm⁻³ (Quadro 3), uma das exigências do SiBCS para atribuição do caráter aluminico. A outra exigência para este caráter seria o valor da atividade de argila (100 CTC_{pH7,0}/ % argila) < 20 cmol_c kg⁻¹ de argila, característica esta que não funciona bem para solos arenosos. De qualquer forma, tudo indica ser recomendável, no mínimo, reconhecer o caráter álico em níveis categóricos mais baixos para os Espodosolos, já que valor elevado de acidez potencial é um dos fatores empregados na avaliação de qualidade de sítios florestais em outros países. Assim, Hoyle (1971) citado por MOKMA (1999) afirma que níveis elevados de Al³⁺ podem ser tóxicos para a maioria das plantas. Ainda segundo este autor, redução do desenvolvimento do sistema radicular associado com altos níveis de Al³⁺ podem ser um fator negativo, particularmente em se considerando os baixos níveis de outros nutrientes, fato comum em Espodosolos.

Quadro 2. Características físicas dos perfis estudados.

Horizonte	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe textural
	----- g kg ⁻¹ -----				
	P1- Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico				
A	760	140	60	40	Areia
AE	790	150	20	40	Areia
E	780	160	40	20	Areia
EBh	700	200	20	80	Areia
Bhm	650	200	20	130	Areia-Franca
Bhsm	700	130	30	140	Franco-Arenosa
Cx	390	100	30	480	Argilo-Arenosa
	P2 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico				
A	430	360	110	100	Franco-Arenosa
AE1	820	130	20	30	Areia
AE2	810	150	10	30	Areia
E	750	200	30	20	Areia
Bhsm	650	150	50	150	Franco-Arenosa
	P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico				
A	800	150	20	30	Areia
E	750	210	20	20	Areia
Bhg	650	210	60	80	Areia-Franca
Bhsm	760	150	10	80	Areia
	P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico				
A	750	180	10	60	Areia
E	660	250	30	60	Areia
EgBhs	620	220	60	100	Areia-Franca
Bhsm	640	210	40	110	Areia-Franca
2Bs	670	230	50	50	Areia
Cx	390	140	60	410	Franco-Argilo-Arenosa
	P5 - Espodossolo Humilúvico Órtico típico				
A1	780	100	20	100	Areia-Franca
A2	790	100	20	90	Areia-Franca
A3	730	120	30	120	Areia-Franca
Bh1	710	120	30	140	Franco-Arenosa
Bh2	690	140	40	130	Franco-Arenosa
Bh3	710	140	30	120	Areia-Franca
Cx1	460	100	30	410	Franco-Argilo-Arenosa
Cx2	480	120	40	360	Franco-Argilo-Arenosa
	P6 - Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico				
A1	700	120	50	130	Franco-Arenosa
A2	580	140	70	210	Franco-Argilo-Arenosa
Bhs	490	160	60	290	Franco-Argilo-Arenosa
Placa plácica	480	150	70	300	Franco-Argilo-Arenosa
2Bt	340	100	70	490	Argila
	P7 – Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico				
O	920	20	30	30	Areia
A	930	20	10	40	Areia
E	930	50	10	10	Areia
Bs1	950	30	10	10	Areia
Bs2	920	60	10	10	Areia
	P8 – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico				
A	670	180	90	60	Areia-Franca
E	650	240	80	30	Areia
Bhsm	650	210	120	20	Areia

Constatou-se correlação positiva entre as concentrações de carbono orgânico e Al^{3+} tanto para todos os horizontes ($r = 0,72$; $p < 0,01$) como somente para os B espódicos ($r = 0,88$; $p < 0,001$) (Figura 4). Embora nos Espodossolos o Al se encontre complexado a materiais orgânicos nos horizontes espódicos, é possível que haja aumento da quantidade deste elemento em sua forma trocável, em razão da degradação microbiana nos compostos orgânicos ser suficiente para a liberação do Al então ligado a eles (VAN BREEMEN & BUURMAN, 1998). Esta tendência de teores mais elevados de Al^{3+} no horizonte B espódico, ainda que pouco estudada, talvez pela baixa potencialidade agrícola destes solos, é uma característica bastante comum em Espodossolos litorâneos (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; GOMES, 2002; CORRÊA, 2005; GOMES, 2005) e da região Norte (BRASIL, 1975; BRASIL, 1976; BRASIL, 1977a; BRASIL, 1977b; BRASIL, 1978).

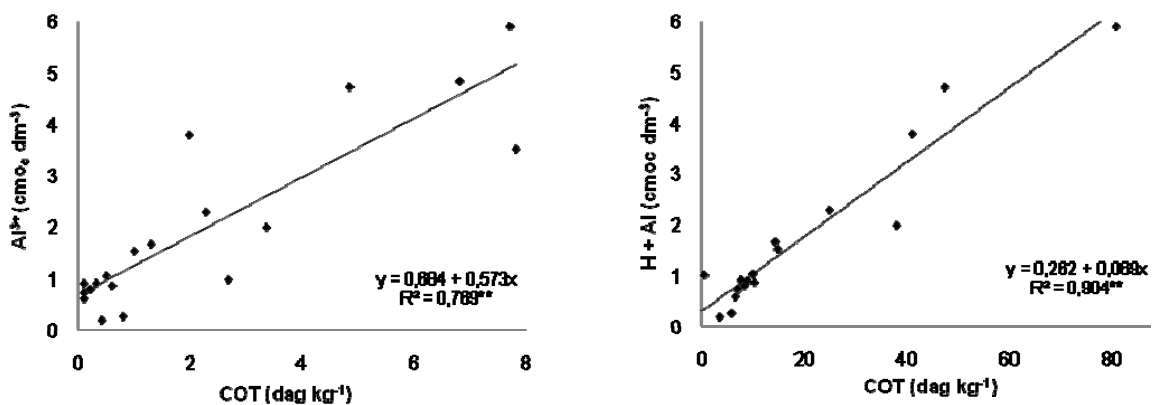


Figura 4. Relação entre os teores de carbono orgânico e Al trocável e carbono orgânico e H + Al dos horizontes espódicos dos solos estudados.

Maiores teores de P extraído por Mehlich-1 foram constantes no horizonte A dos solos estudados. Em razão da pobreza dos materiais de origem dos solos estudados, tudo indica que este fato deve-se ao aporte de P ser proveniente do material orgânico em razão da ciclagem de nutrientes.

Quadro 3. Características químicas dos perfis estudados.

Horizonte	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H + Al	Valor S	Valor T	V	m	S	P	CO	P _{rem}	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	H ₂ O	KCl																			
			----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- % -----		--- mg dm ⁻³ ---		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----							
P1 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico																					
A	5,14	3,74	1,44	0,54	0,10	0,02	0,40	8,80	2,10	10,90	19,3	16,0	1,20	3,30	1,95	55,6	0,9	1	2	0,0	0,73
E	5,31	3,99	0,35	0,05	0,02	0,00	0,30	2,60	0,42	3,02	13,9	41,7	1,20	0,90	0,38	54,4	0,3	1	0	0,0	0,50
EBh	4,98	3,76	0,38	0,09	0,02	0,00	2,67	13,60	0,49	14,09	3,5	84,5	24,50	1,60	0,98	38,2	0,4	2	0	0,0	0,36
Bhm	4,77	3,76	0,12	0,22	0,00	0,00	7,80	65,20	0,34	65,54	0,5	95,8	71,40	0,90	3,53	10,0	0,3	11	0	0,1	0,67
Bhsm	4,86	3,99	0,00	0,10	0,00	0,00	6,81	59,20	0,10	59,30	0,2	98,6	96,10	0,40	4,84	6,2	0,5	3	0	0,1	0,60
Cx	4,87	4,25	0,01	0,03	0,00	0,00	2,57	19,60	0,04	19,64	0,2	98,5	71,50	0,10	1,68	15,7	0,3	1	0	0,0	0,70
P2 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico																					
A	5,19	4,40	4,42	1,94	0,26	0,05	0,00	16,10	6,67	22,77	29,3	0,0	1,20	7,70	5,69	53,3	12,4	17	54	0,6	0,88
AE	5,17	4,08	1,16	0,15	0,03	0,00	0,20	2,80	1,34	4,14	32,4	13,0	1,20	1,80	0,55	57,4	2,0	5	1	0,4	0,36
E	5,80	4,82	0,21	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00	0,22	1,22	18,0	0,0	2,00	0,30	0,13	57,4	0,3	0	0	0,1	0,33
Bhsm	4,86	3,86	2,08	0,17	0,03	0,05	7,70	80,70	2,33	83,03	2,8	76,8	117,10	1,40	5,90	5,3	0,4	6	0	0,1	0,32
P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico																					
A	6,14	4,54	1,08	0,33	0,02	0,00	0,10	4,10	1,43	5,53	25,9	6,5	8,10	3,30	0,77	62,3	2,1	9	5	0,0	0,34
E	5,85	5,12	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	100,0	0,0	7,30	0,50	0,03	60,5	7,6	1	0	1,4	0,27
Bhg	5,76	4,75	1,57	0,08	0,04	0,00	0,10	6,40	1,69	8,09	20,9	5,6	23,70	0,90	0,60	44,5	8,9	2	0	1,1	0,49
Bhsm	5,38	4,02	1,58	0,16	0,03	0,00	3,36	37,80	1,77	39,57	4,5	65,5	45,90	2,20	1,99	13,2	6,8	5	0	2,3	0,24
P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico																					
A	5,37	4,33	1,31	0,19	0,00	0,00	0,10	7,30	1,50	8,80	17,0	6,3	23,30	86,30	0,88	51,9	9,8	12	9	0,8	0,24
E	5,96	5,09	1,03	0,14	0,03	0,00	0,00	2,80	1,20	4,00	30,0	0,0	21,10	8,30	0,49	55,0	1,4	13	1	0,3	0,21
EgBhs	5,25	4,69	0,08	0,02	0,01	0,00	0,59	10,10	0,11	10,21	1,1	84,3	84,50	3,20	0,86	19,4	0,9	14	0	0,4	0,27
Bhsm	5,47	4,42	3,74	0,36	0,01	0,00	1,98	40,90	4,11	45,01	9,1	32,5	97,10	1,40	3,80	11,0	0,7	79	0	0,4	0,31
2Bs	5,27	4,42	1,14	0,11	0,01	0,00	0,49	9,90	1,26	11,16	11,3	28,0	31,00	19,10	1,04	48,0	0,6	4	1	0,1	0,24
Cx	5,16	4,54	0,13	0,02	0,05	0,00	0,89	10,60	0,20	10,80	1,9	81,7	73,00	1,80	0,84	20,8	6,3	6	0	0,5	0,47

Quadro 3. Características químicas dos perfis estudados (continuação).

Horizonte	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H + Al	Valor S	Valor T	V	m	S	P	CO	P _{rem}	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	H ₂ O	KCl																			
			----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- % -----			----- mg dm ⁻³ -----		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----						
P5 - Espodossolo Humilúvico Órtico típico																					
A1	5,17	4,24	1,54	0,46	0,04	0,00	0,89	13,20	2,04	15,24	13,4	30,4	30,20	4,70	2,06	39,8	1,8	19	6	0,0	0,58
A2	5,21	4,16	1,22	0,37	0,03	0,00	1,48	16,00	1,62	17,62	9,2	47,7	24,20	4,30	1,83	32,9	0,6	29	2	0,0	0,57
A3	4,88	4,13	0,61	0,16	0,02	0,00	3,16	20,40	0,79	21,19	3,7	80,0	38,20	1,30	2,08	25,4	1,6	18	1	0,2	0,64
Bh1	4,98	4,34	0,13	0,04	0,01	0,00	2,27	24,80	0,18	24,98	0,7	92,7	88,60	1,60	2,30	11,9	0,8	11	0	0,2	0,44
Bh2	5,21	4,53	0,18	0,06	0,00	0,00	0,99	14,80	0,24	15,04	1,6	80,5	89,10	0,80	1,53	13,3	0,7	9	0	0,1	0,50
Bh3	5,80	4,79	0,44	0,23	0,01	0,00	0,30	9,10	0,68	9,78	7,0	30,6	82,30	1,30	0,90	19,8	0,5	8	0	0,2	0,45
Cx1	5,71	4,94	0,17	0,29	0,04	0,00	0,20	13,90	0,50	14,40	3,5	28,6	135,40	1,70	1,55	11,3	0,7	19	0	0,2	0,34
Cx2	5,86	4,95	0,25	0,44	0,05	0,00	0,20	10,90	0,74	11,64	6,4	21,3	139,70	1,40	1,29	7,8	0,4	24	0	0,3	0,40
P6 - Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico																					
A1	5,68	4,77	2,65	0,45	0,02	0,00	0,00	6,50	3,12	9,62	32,4	0,0	11,10	0,70	1,13	48,0	0,4	48	3	0,0	0,60
A2	5,68	4,66	2,29	0,29	0,01	0,00	0,20	9,90	2,59	12,49	20,7	7,2	29,90	0,60	1,05	33,4	0,3	43	1	0,0	0,57
Bhs	5,99	4,93	2,63	0,23	0,02	0,00	0,10	7,70	2,88	10,58	27,2	3,4	31,30	0,30	0,91	29,7	0,4	30	1	0,1	0,62
Placa plácica	5,66	4,77	1,24	0,09	0,00	0,00	0,20	8,30	1,33	9,63	13,8	13,1	48,80	0,40	0,79	18,3	0,3	115	1	0,1	0,45
2Bt	4,76	4,21	0,23	0,03	0,00	0,00	2,57	8,00	0,26	8,26	3,1	90,8	41,30	0,40	0,48	20,8	0,2	37	0	0,0	0,72
P7 – Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico																					
O	4,38	3,07	2,42	1,93	0,18	0,14	1,38	27,70	4,67	32,37	14,4	22,8	4,50	13,50	5,51	61,8	2,4	14	32	0,0	0,71
A	4,44	3,08	0,06	0,19	0,03	0,01	1,98	11,40	0,29	11,69	2,5	87,2	5,50	4,70	1,36	55,9	0,7	47	1	0,0	0,47
E	4,69	3,72	0,00	0,02	0,01	0,00	0,49	3,30	0,03	3,33	0,9	93,2	3,50	0,70	0,30	57,0	0,4	39	0	0,1	0,30
Bs1	4,92	4,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	3,40	0,00	3,40	0,0	100,0	20,60	0,60	0,20	52,8	0,2	81	1	0,0	0,31
Bs2	4,91	4,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	5,70	0,00	5,70	0,0	100,0	18,30	0,40	0,27	49,6	0,3	124	1	0,0	0,37
P8 – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico																					
A	5,11	4,17	0,05	0,16	0,02	0,00	2,67	17,80	0,23	18,03	1,3	92,1	49,10	3,20	1,77	26,2	0,7	5	0	0,0	0,59
E	5,25	4,15	0,00	0,80	0,01	0,00	0,69	5,10	0,09	5,19	1,7	88,5	23,40	1,30	0,39	55,1	0,5	2	0	0,0	0,45
Bhsm	5,08	4,23	0,00	0,04	0,01	0,01	4,84	47,40	0,06	47,46	0,1	98,8	102,20	1,00	4,72	5,2	0,3	23	0	0,1	0,72

Ainda que menores que aqueles do horizonte A, constatou-se no horizonte B espódico dos solos estudados, tendência de acúmulo de P. É provável, também que o fósforo esteja translocando-se no perfil complexado à matéria orgânica, translocação esta favorecida nestes solos pela textura arenosa. A exceção a esta tendência foi o perfil P7.

Os valores de fósforo remanescente (P_{rem}) nos horizontes A e E situaram-se nas faixas média e alta (RIBEIRO, et al., 1999), enquanto que nos horizontes B espódicos houve quedas abruptas destes valores sendo eles baixos nestes horizontes (Quadro 3). Estes resultados foram inversamente acompanhados das variações nos teores de óxidos de Al e Fe (Quadro 4), bem como teores de argila (Quadro 2) nos horizontes dos perfis estudados. O papel dos ácidos orgânicos na redução da cristalinidade dos óxidos de ferro (TAN, 1986), no caso, goethita ou ferridrita, parece ser a razão mais provável para explicar maiores valores de P nos horizontes B espódicos dos solos. Apenas o perfil P7 não apresentou as mesmas tendências devido aos menores teores de óxidos de Al e Fe e à maior proporção da fração areia grossa neste perfil.

As concentrações de enxofre, ao contrário do observado para fósforo, foram menores na superfície com nítida tendência de acúmulo no horizonte B espódico, em paralelo ao decréscimo do pH neste horizonte, indicando forte influência do material orgânico iluvial na movimentação do enxofre nos Espodossolos estudados.

Apesar da proximidade do mar, foram baixas as concentrações de Na^+ e K^+ em todos os solos estudados. Destaca-se aqui, que a fonte mais esperada destes elementos nos solos seria via aporte de “spray” marinho, devido à pobreza do material de origem (sedimentos areno-quartzosos).

De acordo com RIBEIRO, et al. (1999), todos os solos apresentaram teores de manganês e zinco muito baixos, com algumas exceções para os horizontes mais superficiais, em razão da ciclagem de nutrientes, com valores variando de muito baixo até alto. O mesmo se observa para os teores de cobre, porém, neste caso, as variações ocorrem tanto em horizontes superficiais como também nos horizontes subsuperficiais de alguns perfis (P2, P3 e P4). Os maiores valores de Cu encontrados em horizontes espódicos podem ser explicados pela afinidade deste elemento pela matéria orgânica, e dessa forma, pode estar também sendo translocado no perfil dos solos. Os teores de ferro disponível apresentaram-se muito variáveis nos Espodossolos Humilúvicos

(muçunungas pretas) (P5 e P6) e naqueles situados mais próximos ao mar (P7 e P8), encontrando-se entre os níveis baixo e alto, possivelmente em razão do material ser mais recente ou pelo maior aporte via “spray” marinho no caso do P7 e P8. Nos demais solos os teores de ferro encontrados foram de muito baixos a baixos. Com relação ao boro, foram verificados teores variando entre os níveis baixo, médio e bom, sem, contudo, apresentar relação com as variações dos teores de matéria orgânica nos perfis.

4.3. Ataque sulfúrico

Os teores de Fe_2O_3 de todos os horizontes dos solos estudados são muito baixos (Quadro 4), em geral não chegando a $0,5 \text{ dag kg}^{-1}$ e nem sempre com aumento expressivo nos horizontes espódicos. Apenas no horizonte B_{hsm} do P2 este valor chegou a $1,32 \text{ dag kg}^{-1}$. Isso é resultado da pobreza do material de origem quanto à este elemento. Neste caso, o ferro presente, em geral, aparece em pequenas quantidades capeando parcialmente os grãos de quartzo conferindo-lhes coloração avermelhadas/amareladas. Conforme também amplamente citado na literatura (De CONINCK, 1980; McKEAGUE et al., 1983) esta é uma característica comum dos Espodosolos. Resultados no Brasil que corroboram esta afirmativa constata em EMBRAPA (1975a), EMBRAPA (1975b), EMBRAPA (1979), EMBRAPA (1980), MOURA FILHO (1998), MOREAU (2001), GOMES (2002).

À exceção do perfil P7, todos os demais solos apresentaram valores elevados da relação molecular $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Quadro 4), indicando predomínio das formas de alumínio nos horizontes B espódicos dos solos estudados. Estes resultados, também comentados à frente para aqueles obtidos para as extrações de Al e Fe pelo ditionito, oxalato e pirofosfato, encontram-se plenamente de acordo com a literatura, em que cada vez mais tem sido constatada a predominância de formas de Al em relação às de Fe nos Espodosolos, embora no passado se pensasse mais no domínio do ferro, sendo inclusive os horizontes B_s e B_hs atuais, descritos como Bir ou B_{hir} (ir = iron) (McKEAGUE et al., 1983).

Quadro 4. Resultados do Ataque Sulfúrico em TFSA e relações moleculares Al_2O_3/Fe_2O_3 dos solos estudados.

Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
----- dag kg ⁻¹ -----							
P1 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico							
A	0,77	0,06	0,01	0,05	9,77	22,6	19,71
E	0,50	0,10	0,01	0,10	10,69	8,8	7,73
EBh	0,98	0,48	0,04	0,25	18,78	3,5	3,23
Bhm	0,89	0,46	0,02	0,11	43,68	3,3	3,21
Bhsm	2,13	0,91	0,04	0,22	36,49	4,0	3,85
Cx	11,72	15,06	0,30	0,30	79,33	1,3	1,31
P2 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico							
A	1,03	0,22	0,06	0,10	6,34	7,9	6,37
AE	0,43	0,00	0,01	0,03	-	-	142,03
E	2,10	0,00	0,01	0,02	0,02	-	554,33
Bhsm	3,50	3,71	1,32	0,20	4,41	1,6	1,20
P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico							
A	0,44	0,05	0,06	0,04	1,41	14,1	6,79
E	0,23	0,00	0,01	0,03	-	-	60,30
Bhg	0,38	0,07	0,05	0,62	2,29	8,8	5,30
Bhsm	0,65	0,34	0,02	0,18	22,56	3,3	3,09
P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico							
A	0,59	0,17	0,04	0,07	7,68	5,8	4,83
E	0,27	0,23	0,03	0,09	-	-	1,79
EgBhs	1,95	1,25	0,08	0,19	26,17	2,6	2,52
Bhsm	1,13	1,32	0,16	0,25	13,25	1,5	1,32
2Bs	0,48	0,17	0,03	0,19	9,37	4,8	4,12
Cx	9,69	10,37	0,30	0,31	54,93	1,6	1,56
P5 - Espodossolo Humilúvico Órtico típico							
A1	1,61	0,43	0,07	0,06	10,17	6,3	5,55
A2	2,00	0,49	0,07	0,08	11,62	7,0	6,22
A3	1,78	0,53	0,07	0,08	12,12	5,7	5,07
Bh1	2,06	0,99	0,09	0,11	17,21	3,5	3,28
Bh2	1,79	0,40	0,03	0,05	18,42	7,5	7,02
Bh3	2,37	0,49	0,04	0,06	17,36	8,2	7,63
Cx1	6,31	1,42	0,22	0,16	10,25	7,5	6,62
Cx2	5,59	3,74	0,37	0,32	15,89	2,5	2,34
P6 - Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico							
A1	3,51	0,91	0,16	0,09	8,78	6,6	5,65
A2	4,18	2,02	0,35	0,16	9,01	3,5	3,02
Bhs	5,37	0,89	0,31	0,14	4,47	10,2	7,66
Placa plácica	5,27	4,10	0,70	0,22	9,14	2,2	1,89
2Bt	9,71	1,91	0,61	0,17	4,91	8,6	6,62
P7 - Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico							
O	0,85	0,11	0,10	0,05	1,70	13,0	6,82
A	0,32	0,06	0,13	0,06	0,74	9,3	2,99
E	0,26	0,04	0,20	0,11	0,28	12,0	1,85
Bs1	0,20	0,05	0,19	0,10	0,41	6,9	1,45
Bs2	0,39	0,04	0,17	0,11	0,38	16,7	3,25
P8 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico							
A	0,68	0,30	0,02	0,15	19,83	3,9	3,62
E	0,82	0,09	0,01	0,10	24,92	16,2	15,41
Bhsm	1,38	0,66	0,02	0,11	43,71	3,5	3,45

Os teores de SiO₂ aumentaram em profundidade (Quadro 4) sendo, via de regra, maiores nos horizontes B espódicos dos solos, à exceção do P7. Este fato sugere que a sílica também pode estar contribuindo na gênese dos horizontes espódicos cimentados deste trabalho. MOKMA (1999) baseando-se em resultados de vários pesquisadores aponta, também, a sílica como participante na cimentação do B espódico.

Conforme já mencionado, como o material de origem também apresenta pequena proporção de minerais silicatados, não é descabido especular que a fonte do silício, presente em pequena quantidade pode ser proveniente do ataque do quartzo pelo material orgânico, particularmente aquele presente nas frações silte e areia fina. McKEAGUE et al. (1983) destacam que substâncias húmicas (particularmente ácidos fúlvicos e húmicos) são mais efetivos que água carbonatada e ácidos inorgânicos na dissolução de minerais e outros materiais do solo.

MEIRELES & RIBEIRO (1995), sugerem que este provável ataque dos ácidos orgânicos ao quartzo seria um dos fatores responsáveis pelo entupimento de poros e conseqüente coesão da parte superior do horizonte B de Argissolos Amarelos desenvolvidos de sedimentos do Barreiras na Bahia. MOREAU (2001), em minucioso trabalho em Argissolos Coesos do município de Eunápolis, sul da Bahia, não constatou qualquer correlação entre a sílica determinada por vários métodos e a coesão peculiar destes solos.

As relações Ki e Kr (Quadro 4) encontrados no presente estudo estão muito elevados em relação àquelas de vários perfis analisados em ambientes do Barreiras e Restinga no país (EMBRAPA, 1975a; EMBRAPA, 1975b; EMBRAPA, 1979; EMBRAPA, 1980). Não se descarta aqui a possibilidade de erro analítico, sobretudo quanto a uma possível superestimação do silício, em razão de sua pequena ocorrência nestes solos. Como este resultado não é fato isolado na literatura, mais análises deverão ser feitas para calibração dos métodos. De qualquer forma, esta relação não deve ser utilizada, pelo menos no momento, para inferências sobre a mineralogia dos Espodossolos.

4.4. Fe e Al extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e densidade ótica do extrato de saturação com oxalato ácido de amônio (DOEO).

As extrações de Fe e Al com DCB (d), oxalato (o) e pirofosfato (p) indicam acúmulo destes elementos no horizonte B espódico dos solos estudados (Figuras 5 e 6, Quadro 5). Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por GOMES (1995), MOURA FILHO (1998) e GOMES (2005) para Espodossolos de ambiente de Restinga no Brasil e são explicados pela translocação de Fe e Al complexados com componentes orgânicos (McKEAGUE et al., 1983; VAN WAMBEKE, 1992; VAN BREEMEN & BUURMAN, 1998; MOKMA, 1999).

Os compostos de Al e Fe quelatados por substâncias orgânicas nos horizontes de eluviação A e E são imobilizados com o aumento do pH e, ou quando a quantidade de Al e Fe complexados por compostos orgânicos excedem um limite crítico desta relação (McKEAGUE et al., 1983; VAN BREEMEN & BUURMAN, 1998).

Os teores de Al foram mais elevados que os de Fe tanto com DCB, como oxalato e pirofosfato, no horizonte B espódico dos solos estudados (Quadro 5). Isto sugere maior participação de formas de Al ligadas a ácidos orgânicos no processo de podzolização que o ferro. A única exceção a esta tendência foi observada no P7 (Restinga). Além de uma possível maior riqueza de Al no ambiente Barreiras, é provável que o Fe esteja saindo do sistema por redução. Neste caso tanto o horizonte espódico endurecido como o fragipã restringem a percolação de água criando um ambiente temporariamente saturado com água por período suficiente para promover a redução do Fe e sua mobilização (ANDERSON et al., 1982; FARMER et al., 1983a). Este fato é favorecido pela textura arenosa destes solos, principalmente nos horizontes sobrejacentes aos horizontes B espódicos e pela pequena quantidade de ferro no sistema (ANDRIESSE, 1969).

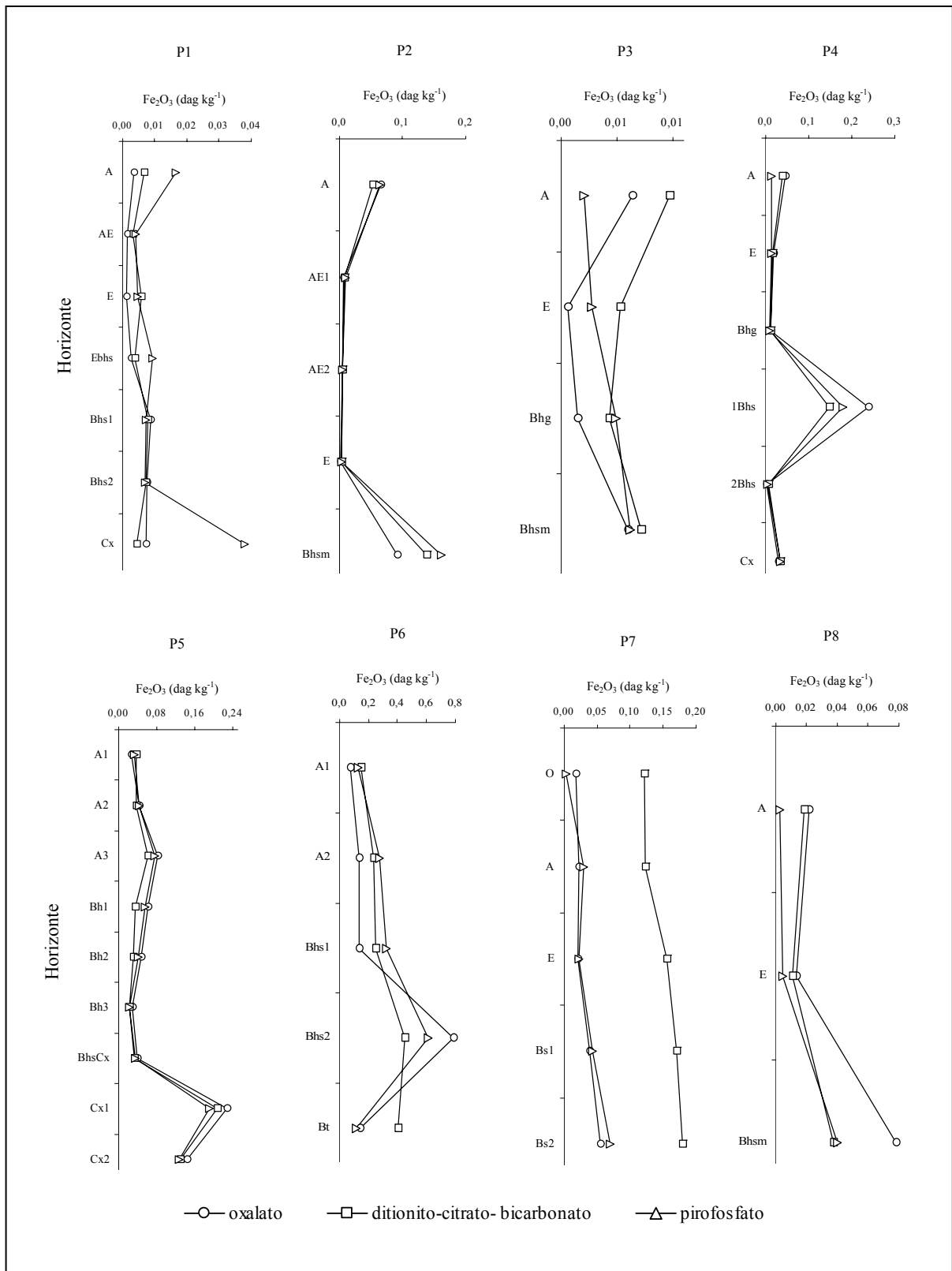


Figura 5. Fe₂O₃ extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio.

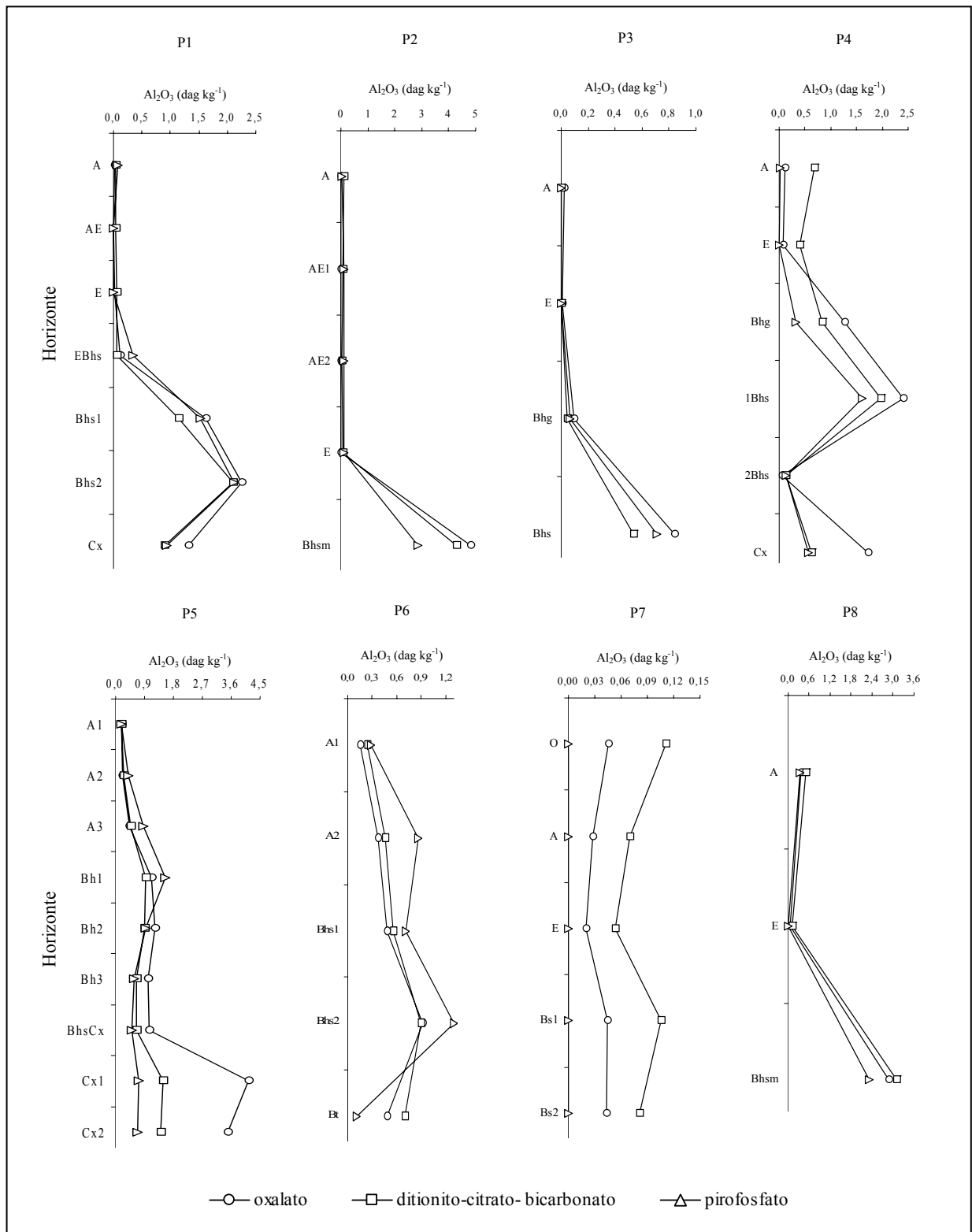


Figura 6. Al_2O_3 extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio.

Quadro 5. Densidade ótica do extrato do oxalato de amônio (DOEO), teores de óxidos de Fe e Al extraíveis com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e relações molares entre esses metais para os solos estudados.

Horizonte	Prof. --- cm ---	DOEO	OXALATO			DCB			PIROFOSFATO			Fe _o /Fe _d ²	Al _o /Al _d ²	Al _o + 0,5 Fe _o ³
			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹			
			---- dag kg ⁻¹ ----			---- dag kg ⁻¹ ----			---- dag kg ⁻¹ ----					
P1 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico														
A	0 - 14	0,03	0,03	0,00	0,00	0,04	0,01	6,28	0,07	0,02	5,50	0,00	1,00	nc
AE	14 - 28	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nc
E	28 - 53	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,01	7,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	nc
EBh	80 - 90	0,59	0,12	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,35	0,01	54,94	0,00	2,00	nc
Bhm	94 - 101	2,74	1,62	0,01	254,34	1,15	0,01	180,55	1,52	0,01	238,64	1,00	1,41	0,87
Bhsm	101 - 120	2,74	2,26	0,01	354,82	2,11	0,01	331,27	2,12	0,01	332,84	1,00	1,07	1,21
Cx	120 - 130+	0,56	1,31	0,01	205,67	0,91	0,00	0,00	0,94	0,04	38,90	0,00	1,44	nc
P2 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico														
A	0 - 3	0,08	0,02	0,07	0,45	0,10	0,05	3,14	0,05	0,06	1,31	1,40	0,20	nc
AE1	3 - 11	0,02	0,00	0,01	0,00	0,06	0,01	9,42	0,10	0,01	15,70	1,00	0,00	nc
AE2	11 - 28	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	nc
E	28 - 70	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	nc
Bhsm	70 - 90	3,14	4,82	0,09	84,10	4,28	0,14	48,00	2,85	0,16	28,00	0,64	1,12	2,58
P3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico														
A	0 - 16	0,05	0,02	0,01	3,14	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	nc
E	16 - 68	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nc
Bhg	68 - 71	0,21	0,10	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	1,67	nc
Bhsm	71 - 90+	1,86	0,84	0,01	131,88	0,53	0,01	83,21	0,71	0,01	111,47	1,00	1,57	0,45
P4 - Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico														
A	0 - 13	0,10	0,11	0,04	4,31	0,69	0,04	27,08	0,02	0,01	3,14	1,00	0,16	nc
E	25/59 - 65	0,10	0,07	0,02	5,50	0,40	0,02	31,40	0,00	0,01	0,00	1,00	0,17	nc
EgBhs	65 - 70	0,18	1,27	0,01	199,40	0,83	0,01	130,31	0,32	0,01	50,24	1,00	1,52	nc
Bhsm	70 - 82	1,89	2,40	0,24	15,70	1,98	0,15	20,72	1,62	0,18	14,13	1,60	1,21	1,36
2Bs	170 - 190	0,36	0,05	0,00	0,00	0,14	0,01	21,98	0,12	0,01	18,84	0,00	0,43	0,03
Cx	160	0,09	1,72	0,03	90,01	0,63	0,03	32,97	0,57	0,03	29,83	1,00	2,76	nc

¹ Relação molecular entre os teores de óxidos de Fe e Al; ² Baseado nos teores de óxidos de Fe e Al; ³ Baseado nos teores de Fe e Al extraíveis com oxalato ácido de amônio.

Quadro 5. Densidade ótica do extrato do oxalato de amônio (DOEO), teores de óxidos Fe e Al extraíveis com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio e relações molares entre esses metais para os solos estudados. (continuação)

Horizonte	Prof. --- cm ---	DOEO	OXALATO			DCB			PIROFOSFATO			Fe _o /Fe _d ²	Al _o /Al _d ²	Al _o + 0,5 Fe _o ³ dag kg ⁻¹
			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al/Fe ¹			
P5 - Espodossolo Humilúvico Órtico típico														
A1	0 – 8	0,12	0,19	0,03	7,85	0,17	0,04	4,71	0,17	0,03	7,07	0,75	1,11	nc
A2	8 – 21	0,23	0,22	0,04	6,28	0,25	0,04	6,8	0,38	0,04	10,47	1,00	0,92	nc
A3	21 – 32	0,35	0,43	0,08	6,01	0,48	0,06	9,81	0,85	0,08	11,78	1,33	0,92	nc
Bh1	32 – 53	0,59	1,10	0,06	22,77	0,93	0,03	38,47	1,55	0,05	32,19	2,00	1,18	0,60
Bh2	53 – 85	0,60	1,23	0,05	25,51	0,91	0,03	37,68	0,95	0,04	26,17	1,67	1,35	0,67
Bh3	85 – 111	0,35	1,00	0,03	41,61	0,63	0,02	51,81	0,59	0,02	48,67	1,50	1,61	0,54
Cx1	114 – 134	0,19	4,16	0,23	21,59	1,49	0,21	0,19	0,72	0,19	4,59	1,10	2,78	nc
Cx2	134 - 155+	0,16	3,49	0,14	29,05	1,40	0,13	12,91	0,67	0,13	6,11	1,08	2,50	nc
P6 - Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico														
A1	0 – 21	0,12	0,16	0,08	2,09	0,24	0,15	1,86	0,29	0,13	2,62	0,53	0,62	nc
A2	21 – 46	0,21	0,37	0,13	3,49	0,46	0,24	2,22	0,86	0,27	3,80	0,54	0,83	nc
Bhs	46 – 83	0,15	0,48	0,14	3,93	0,56	0,25	2,62	0,71	0,32	2,71	0,56	0,83	0,30
Placa plácica	83 – 95	0,13	0,92	0,79	1,40	0,89	0,45	2,31	1,30	0,61	2,52	1,76	1,04	0,77
2Bt	120 – 150	0,04	0,48	0,14	3,93	0,70	0,40	2,07	0,11	0,11	11,78	0,35	0,68	nc
P7 – Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico														
O	4 – 0	0,07	0,05	0,02	4,71	0,11	0,12	1,18	0,00	0,00	0,00	0,17	0,50	nc
A	0 – 26	0,10	0,03	0,02	3,14	0,07	0,12	0,79	0,00	0,03	0,00	0,17	0,50	nc
E	45 - 68/80	0,09	0,02	0,02	1,57	0,05	0,16	0,43	0,00	0,02	0,00	0,13	0,33	nc
Bs1	68/80 - 110	0,07	0,04	0,04	1,05	0,11	0,17	0,79	0,00	0,04	0,00	0,24	0,33	0,04
Bs2	110 - 150+	0,10	0,04	0,05	0,79	0,08	0,18	0,48	0,00	0,07	0,00	0,28	0,50	0,06
P8 – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico														
A	0 – 15	0,49	0,35	0,02	29,83	0,49	0,02	40,82	0,33	0,00	0,00	1,00	0,73	nc
E	25 – 40	0,05	0,04	0,01	3,14	0,10	0,01	7,85	0,00	0,00	0,00	1,00	0,40	nc
Bhsm	40+	2,10	2,88	0,08	39,77	3,10	0,04	85,83	2,33	0,04	64,37	2,00	0,93	1,55

¹ Relação molecular entre os teores de óxidos de Fe e Al; ² Baseado nos teores de óxidos de Fe e Al; ³ Baseado nos teores de Fe e Al extraíveis com oxalato ácido de amônio.

Os valores elevados das relações Fe_o/Fe_d (Quadro 5) no horizonte espódico dos solos estudados (maiores que a unidade nos perfis P1, P4, P5, Placa plácida do P6 e P8) indicam maior participação de formas de ferro de baixo grau de cristalinidade na maioria dos solos estudados. Isto se encontra de acordo com SCHWERTMANN (1966) que destaca o efeito da matéria orgânica na inibição da cristalização do ferro. Estes resultados podem estar também relacionados à presença do mineral ferridrita (SCHWERTMANN et al., 1986; PARFITT & CHILDS, 1988), que é extremamente solúvel em oxalato de amônio e fora outrora relatado para solos com elevados teores de carbono orgânico, podendo também ocorrer em horizontes espódicos.

Diferente dos demais perfis, o perfil P7 apresenta incipiente podzolização, porém, um horizonte E bem definido. Além disso, ele apresenta um ligeiro aumento nos teores de Fe e Al nos horizontes espódicos, porém, neste caso, o Fe prepondera em relação ao Al e os valores de carbono orgânico e da DOEO diminuem nestes horizontes (Quadro 5). Por situar-se mais próximo ao mar e, portanto, por ser mais jovem, este perfil estaria menos tempo exposto à condições redutoras, justificando os valores de Fe mais elevados em relação aos de Al.

Também com exceção do P7, a relação Al_o/Al_d (Quadro 5) do horizonte espódico dos demais perfis é próxima ou maior que um, indicando também a participação de formas de alumínio de pior cristalinidade, possivelmente a própria caulinita (item 4.7).

As baixas relações Fe_o/Fe_d e Al_o/Al_d indicam participação efetiva de óxidos de ferro de pior cristalinidade e parecem ser as explicações mais prováveis para os baixos valores de P_{rem} constatados nos horizontes espódicos, à exceção do P7.

À exceção do P3 e P7, os solos apresentaram relação $Al_o + 0,5 Fe_o \geq 0,5$, atendendo ao critério proposto pela Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) para definição de “spodic materials”, assim como outros Espodossolos já estudados no Brasil (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; GOMES, 2005). Os solos referentes aos perfis P1, P2, P3, P4 e P8 apresentaram valores de DOEO bem acima de 0,25 (Quadro 5), outro valor mínimo requerido para o enquadramento como “spodic materials” da Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999). Além disso, os valores de DOEO mais que dobraram nos horizontes espódicos destes em relação aos valores dos horizontes sobrejacentes, quer seja o horizonte A ou E, satisfazendo também outro critério

previsto na definição de “spodic materials”.

Dos Espodossolos escuros e sem horizonte E, anteriormente referidos como muçunungas pretas (P5 e P6), o P5 apresentou valores de DOEO superiores a 0,25, porém sem representar o dobro do valor do horizonte sobrejacente. No entanto, as observações de campo e os resultados analíticos, sobretudo referentes aos teores de carbono orgânico, proporção das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, Fe e Al extraídos pelo oxalato, ditionito e pirofosfato, confirmam a classificação dos solos como Espodossolos, sendo esta tipologia de Espodossolos não comumente descrita no país. De qualquer maneira, este resultado confirma que a necessidade de dobrar o valor da DOEO do horizonte espódico em relação ao horizonte adjacente não se aplica para estes solos.

O perfil P6, por sua vez, apesar da coloração escura, ainda que em magnitude bem menor que o P5, apresentou valores de DOEO menores que 0,25 no Bhs e na placa plácica (0,15 e 0,13 respectivamente). Ainda que se trate de um solo intermediário para Argissolo Amarelo com horizonte 2Bt (10YR 5/6) aparecendo a 120 cm, este resultado confirma que caso a DOEO venha a ser adotada como critério de caracterização de horizonte B espódico no Brasil, o valor mínimo de 0,25 deverá ser revisto a fim de atender aos Espodossolos Brasileiros.

O P7 foi o perfil que apresentou os menores valores de DOEO (0,07 e 0,10 nos horizontes Bs1 e Bs2, respectivamente), resultado este, coerente com seus baixos teores de carbono orgânico, alumínio e ferro. Assim, mesmo já tendo horizonte E bem identificável no campo, este resultado sugere ser o solo com podzolização mais incipiente. Sem dúvida, esta constatação, além de sua textura arenosa sem estrutura definida (grãos simples), foi motivo para se classificarem solos desta natureza, no passado, como Parapodzol ou Podzol intermediário com Areia Quartzosa Marinha (EMBRAPA, 1980; OLIVEIRA et al., 1992).

A densidade ótica se correlacionou com os teores de carbono orgânico ($r = 0,92$; $p < 0,001$), Al^{3+} ($r = 0,92$; $p < 0,0001$), $H + Al$ ($r = 0,95$; $p < 0,0001$) e Al_2O_3 extraído pelo oxalato ($r = 0,82$; $p < 0,001$), DCB ($r = 0,78$; $p < 0,001$) e pirofosfato ($r = 0,79$; $p < 0,001$) e apresentou um bom ajuste linear com os teores de carbono orgânico, Al^{3+} , $H + Al$, Al_2O_3 pelo oxalato, DCB e pirofosfato, considerando os horizontes B espódicos (Figura 7).

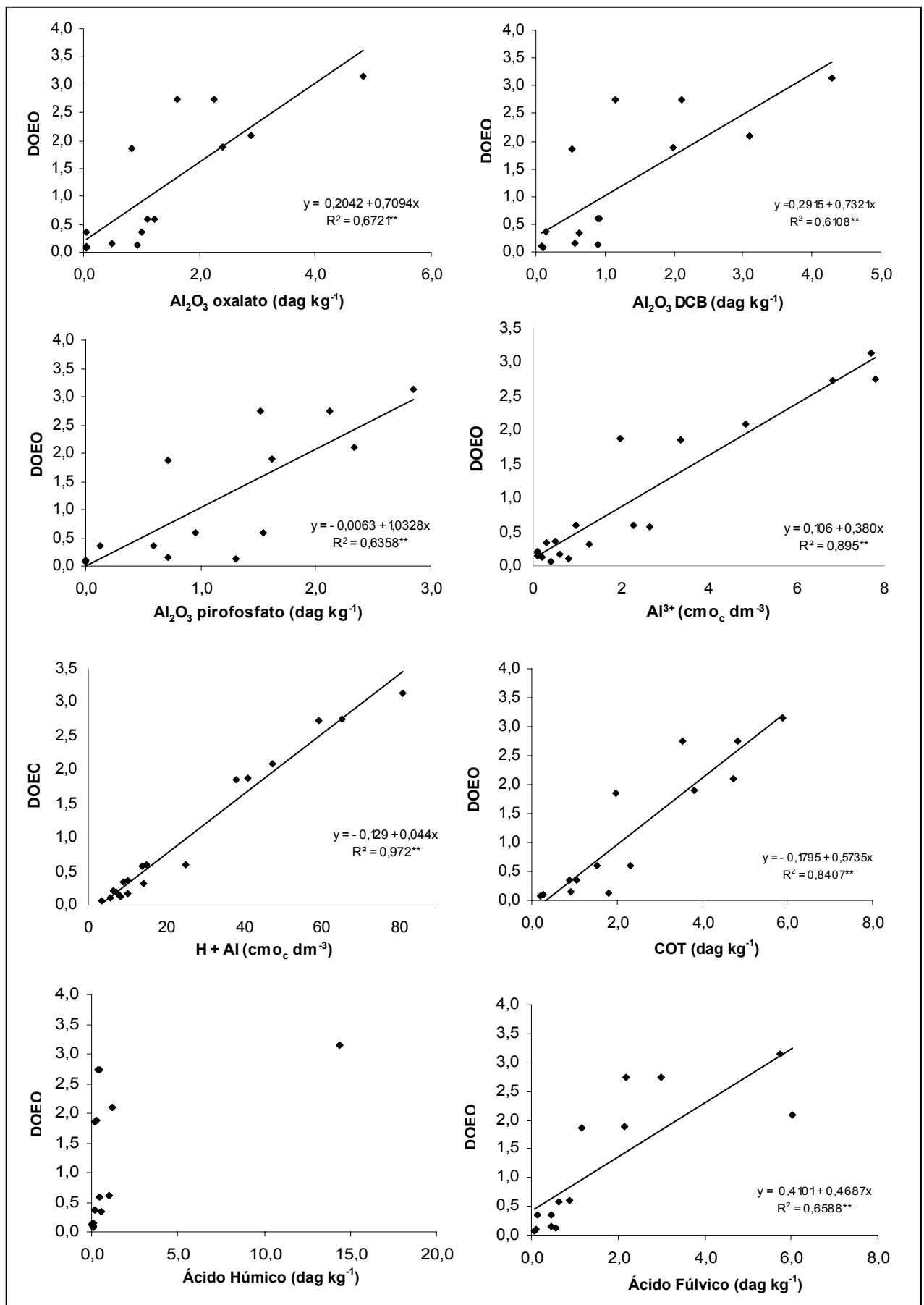


Figura 7. Relações entre os valores de densidade ótica do extrato do oxalato de amônio (DOEO) e Al_2O_3 extraído pelo oxalato de amônio, DCB e Pirofosfato de sódio, Al^{3+} , $\text{H} + \text{Al}$, COT, Ácido Húmico e Ácido Fúlvico dos horizontes espódicos dos perfis estudados.

Dessa forma, a densidade ótica pode ser um bom parâmetro a ser utilizado como critério analítico para definição de materiais espódicos, embora ainda se faça necessário seu ajuste para os Espodossolos do Brasil.

Segundo McKEAGUE et al. (1983), mesmo Espodossolos com cores avermelhadas no horizonte iluvial podem ser classificados como Espodossolos Húmicos, pois essa coloração pode ser conferida por tipos diferenciados de substâncias húmicas, característica esta verificada para outros Espodossolos brasileiros (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998). Entretanto, pode-se concluir que alguns critérios adotados pela Soil Taxonomy na classificação de Espodossolos não se aplicam àqueles de regiões de clima tropical, como foi verificado por alguns autores ao caracterizarem Espodossolos em algumas regiões do Brasil (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; ROSSI & QUEIROZ NETO, 2001; GOMES, 2002). Desta forma, os critérios de classificação de Espodossolos no atual SiBCS necessitam, de certa maneira, serem revistos, mesmo já tendo sido propostas atualizações e revisões destes no novo Sistema (EMBRAPA, 2006), uma vez que o Sistema não contempla de forma quantitativa o acúmulo de matéria orgânica na distinção da subordem e não trata da primazia entre os critérios adotados, conforme já mencionado por GOMES (2005).

4.5. Características da matéria orgânica

Os solos estudados apresentaram aumento nos teores de carbono orgânico nos horizontes B espódicos (Quadro 6), variando de 0,27 a 5,9 dag kg⁻¹. Exceto para o P7, estes valores atenderam a um dos critérios constituintes da definição de materiais espódicos propostos pela Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999), que estipula valores de carbono maiores ou iguais a 0,6 % no horizonte espódico.

A recuperação do carbono orgânico nas frações humina (HU), ácido húmico (AH) e ácido fúlvico (AF) apresentou valores superiores a 100 % (Quadro 6). Tal fato pode estar relacionado à dispersão, durante o fracionamento, de parte dos microagregados contendo substâncias orgânicas persistentes, que ao se associarem aos constituintes da fração mineral, neste caso, Fe e Al amorfos, estariam protegidas química e fisicamente (TISDAL & OADES, 1982).

Quadro 6. Características da matéria orgânica dos perfis estudados.

Horizonte	COT ---- dag kg ⁻¹ ----	N total	C/N	Ácidos	Ácidos	Humina	AH/AF	(AH+AF)/ COT	Matéria Orgânica Leve					C/M _p ¹	
				Fúlvicos	Húmicos				g kg ⁻¹	C	N	H	C/N		H/C
				CO (dag kg ⁻¹)											
P1- Espodosolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico															
A	1,95	0,11	21,49	0,22	0,52	1,99	2,32	0,38	9,68	26,56	1,52	2,66	20,44	1,20	275,8
AE	0,57	0,03	20,46	0,07	0,19	0,87	2,68	0,46	1,23	35,70	1,06	4,39	39,40	1,48	1355,1
E	0,38	0,04	11,33	0,02	0,08	0,33	5,02	0,26	0,32	34,49	0,59	4,52	68,40	1,57	802,0
EBh	0,98	0,05	24,89	0,20	0,29	0,47	1,40	0,50	0,65	35,70	0,62	4,52	67,37	1,52	35,1
Bhm	3,53	0,12	34,09	2,18	0,37	0,25	0,17	0,72	1,50	23,36	0,55	2,54	49,69	1,30	29,6
Bhsm	4,84	0,12	47,46	3,01	0,47	0,42	0,16	0,72	3,34	20,46	0,40	2,37	59,85	1,39	22,1
Cx	1,68	0,05	39,58	0,82	0,12	0,68	0,14	0,56	0,58	16,18	0,18	2,50	105,17	1,85	
P2 - Espodosolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico															
A	5,69	0,29	22,66	0,99	0,68	12,95	0,69	0,29	46,35	20,30	0,89	2,20	26,69	1,30	551,7
AE1	0,55	0,04	18,46	0,07	0,10	0,59	1,45	0,31	2,35	30,16	3,75	0,95	9,41	0,38	65,8
AE2	0,72	0,04	20,66	0,14	0,20	1,03	1,42	0,47	4,61	24,30	0,78	2,81	36,45	1,39	83,9
E	0,13	0,01	21,90	0,01	0,03	0,50	1,78	0,31	0,43	14,37	0,40	1,56	42,03	1,30	12,9
Bhsm	5,90	0,24	29,17	5,74	14,42	5,43	2,51	3,42	22,35	29,08	0,81	3,09	42,00	1,28	25,1
P3 - Espodosolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico															
A	0,77	0,04	21,14	0,10	0,24	0,86	2,44	0,45	1,13	29,85	3,62	1,13	9,65	0,45	3703,8
E	0,03	0,00	18,05	0,00	0,01	0,20	-	0,31	0,21	4,17	0,23	0,69	21,21	1,99	107,4
Bhg	0,60	0,03	22,87	0,12	0,16	0,35	1,35	0,45	0,31	27,49	0,44	3,08	73,10	1,34	104,2
Bhsm	1,99	0,08	29,44	1,17	0,15	0,48	0,13	0,66	2,25	21,02	0,77	2,10	31,94	1,20	36,0
P4 – Espodosolo Ferrihumilúvico Órtico típico															
A	0,88	0,07	14,80	0,11	0,27	0,83	2,53	0,43	0,81	27,27	1,00	2,46	31,91	1,08	266,8
E	0,49	0,02	24,34	0,10	0,05	0,46	0,53	0,31	0,35	17,59	1,81	0,95	11,37	0,65	273,9
EgBhs	0,86	0,04	24,82	0,38	0,09	0,36	0,25	0,55	0,54	27,73	0,46	3,19	70,53	1,38	33,2
Bhsm	3,80	0,13	33,94	2,16	0,32	0,35	0,15	0,65	1,97	15,46	0,34	1,65	53,20	1,28	26,7
2Bs	1,04	0,03	36,64	0,16	0,22	0,61	1,42	0,36	1,07	29,55	0,29	2,86	119,22	1,16	103,7
Cx	0,84	0,03	31,84	0,32	0,04	0,43	0,14	0,44	0,07	7,37	0,14	1,48	61,59	2,41	17,7

¹ Relação carbono/metálico, onde C = COT e M_p = Al_p + Fe_p

Quadro 6. Características da matéria orgânica dos perfis (continuação)

Horizonte	COT --- dag kg ⁻¹ ---	N total	C/N	Ácidos	Ácidos	Humina	AH/AF	(AH+AF)/ COT	Matéria Orgânica Leve					C/M _p ¹	
				Fúlvicos	Húmicos				g kg ⁻¹	C	N	H	C/N		H/C
				CO (dag kg ⁻¹)											
P5 – Espodossolo Humilúvico Órtico típico															
A1	2,06	0,11	19,13	0,22	0,61	2,95	2,76	0,46	1,80	20,51	0,87	1,84	27,58	1,08	126,4
A2	1,83	0,10	25,40	0,22	0,60	1,65	2,71	0,40	7,54	21,74	0,87	1,63	29,24	0,90	54,4
A3	2,08	0,10	27,18	0,45	0,58	2,15	1,27	0,45	2,94	13,45	0,61	0,99	25,80	0,88	28,5
Bh1	2,30	0,09	19,18	0,64	0,48	0,77	0,75	0,73	2,67	17,54	0,55	2,20	37,31	1,51	18,5
Bh2	1,53	0,07	14,91	0,89	1,03	1,17	1,15	2,14	1,62	14,34	0,31	1,60	54,12	1,34	19,9
Bh3	0,90	0,04	21,14	0,46	0,52	0,67	1,12	1,37	0,28	15,51	0,25	1,64	72,59	1,27	18,8
Cx1	1,55	0,06	27,03	1,39	0,09	0,84	0,07	1,16	0,16	16,45	0,34	2,86	56,61	2,09	20,8
Cx2	1,29	0,05	26,69	0,96	0,10	0,66	0,10	0,94	0,08	24,30	0,88	2,95	32,31	1,46	20,0
P6 – Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico															
A1	1,13	0,07	17,94	0,32	0,42	2,45	1,31	0,71	1,51	29,80	0,22	1,74	158,48	0,70	32,2
A2	1,05	0,06	18,02	0,50	0,26	1,26	0,53	0,84	0,42	34,66	0,89	3,74	45,56	1,29	11,2
Bhs	0,91	0,05	18,92	0,45	0,11	1,52	0,24	0,70	0,28	27,16	0,34	2,97	9,46	1,31	10,4
Placa plácica	0,79	0,03	16,51	0,58	0,03	0,59	0,05	1,27	0,39	3,25	0,10	0,77	38,03	2,84	4,9
2Bt	0,48	0,03	18,72	0,20	0,02	0,48	0,12	0,04	0,15	-	-	-	-	-	23,9
P7 - Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico															
O	5,51	0,19	7,19	1,10	1,21	4,70	1,10	1,70	49,52	42,41	1,32	4,34	37,59	1,23	17267,5
A	1,36	0,04	7,83	0,29	0,51	2,76	1,73	2,69	1,62	36,33	0,99	3,46	42,94	1,14	463,4
E	0,30	0,01	25,21	0,05	0,13	0,63	2,62	0,89	0,20	30,22	0,62	2,79	57,03	1,11	131,7
Bs1	0,20	0,01	43,50	0,07	0,10	0,37	1,40	0,63	0,03	-	-	-	-	-	45,8
Bs2	0,27	0,01	358,18	0,09	0,10	0,41	1,11	0,09	0,35	29,75	0,99	3,09	35,16	1,25	38,1
P8 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico															
A	1,77	0,07	19,70	0,71	1,04	3,29	1,46	1,22	4,84	24,80	0,40	2,51	72,54	1,21	70,0
E	0,39	0,02	17,88	0,04	0,15	0,64	4,02	0,59	0,02	-	-	-	-	-	909,4
Bhsm	4,72	0,13	29,49	6,04	1,24	0,66	0,20	1,92	2,39	14,18	0,33	1,66	50,27	1,40	25,8

¹ Relação carbono/metálico, onde C = COT e M_p = Al_p + Fe_p

De modo geral, os teores de AF e AH aumentaram em profundidade nos perfis estudados enquanto os da fração HU decresceram no mesmo sentido, evidenciando a presença de complexos organo-metálicos iluviados. Por ser pouco solúvel, a fração húmica se movimenta pouco no perfil, permanecendo em maiores quantidades nos horizontes superficiais.

Com exceção aos perfis P2 e P7, os valores da relação AH/AF decresceram em profundidade e variaram de 0,05 a 2,51 dag kg⁻¹ nos horizontes espódicos, de forma semelhante aos resultados encontrados por MOURA FILHO (1998) em Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos no Sul do Estado de Alagoas. O decréscimo desta relação em profundidade resulta do menor tamanho molecular, da maior hidrofobicidade e, portanto, da maior mobilidade dos ácidos fúlvicos no perfil, o que favorece a presença mais marcante destes compostos em relação aos ácidos húmicos nos horizontes B espódicos. Os valores da relação (AH+AF)/COT, de modo geral, mais elevados nos horizontes espódicos enfatizam a ocorrência de iluviação do compostos orgânicos de menor tamanho molecular e mais polares no processo de podzolização.

O acúmulo de AF e AH nos horizontes espódicos está ligado à presença de ácidos orgânicos de baixa massa molecular (AOBMM) e contribui para a translocação de Al e Fe organicamente complexados ao longo do perfil e o acúmulo no horizonte espódico, favorecendo o processo de podzolização (VAN BREEMEN & BUURMAN, 1998; VAN HEES & LÜNDSTROM, 2000; VAN HEES et al., 2000).

Os AOBMM caracterizam-se por possuírem um ou mais grupamentos carboxílicos em sua estrutura e podem ser originados da decomposição de resíduos vegetais, da atividade microbiana ou de exudados de origem radicular ou microbiana (JONES, 1998). CHRIST & DAVID (1996) afirmam que a síntese de ácidos orgânicos no solo parece estar ligada às condições de clima quente e úmido, as quais exercem efeito direto sobre a atividade microbiana. Além disso, tais condições climáticas levam à ocorrência de solos ácidos e quimicamente pobres, os quais também favorecem a produção de exudatos radiculares mais ricos em AOBMM de cadeia alifática pelas plantas (MARSCHNER, 1995). Tudo isso indica que a gênese dos solos deste estudo está relacionada, também à presença de AOBMM pode estar sendo favorecida, uma vez que estes se encontram sob as referidas condições climáticas.

Os AOBMM alifáticos extraídos dos horizontes A e B dos Espodossolos estudados foram: acético, butírico, succínico, málico, malônico, tartárico, oxálico e

cítrico. Houve uma ampla variação entre as concentrações dos ácidos orgânicos encontrados nos solos (Figura 8). Os ácidos málico, malônico, tartárico, oxálico e cítrico apresentaram concentrações muito baixas. Apenas os ácidos acético, butírico e succínico apresentaram valores um pouco mais elevados, representando de 85 a 99 % dos totais das concentrações dos AOBMM nos perfis. Estas concentrações, relativamente mais elevadas, podem ser originadas também da decomposição microbiana diferenciada desses ácidos orgânicos (BAZIRAMAKENGA et al, 1995) ou pelo favorecimento de sua síntese em presença de anaerobiose (CAMARGO et al., 2001; JUN et al., 2006). Dessa forma, os teores de AOBMM, de modo geral, mais elevados nos horizontes superficiais, possivelmente, estão contribuindo para o processo de podzolização nos solos do presente estudo, uma vez que estes exercem importante função de dissolução de minerais e mobilização de metais no perfil (HUANG & SCHNITZER, 1986), visto que formas de carbono orgânico dissolvido (COD), além de interferirem em diversos eventos de natureza química e física nos solos, apresentam estreitas interações a níveis moleculares com íons metálicos como Al e Fe, as quais ocorrem, principalmente, por meio da formação de complexos de esfera interna estáveis com grupos funcionais de ácidos orgânicos de baixa massa molecular, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos (ALLOWAY, 1995) reduzindo ou mesmo impedindo a completa hidroxilação do $Al(OH)_3$, e assim, a cristalização de hidróxidos de alumínio e ferro. Esta, talvez, seja a melhor explicação para não se encontrar gibbsita no horizonte espódico dos solos estudados.

Entretanto, o COD na forma de AOBMM é preferencialmente decomposto pelos microrganismos, de forma que os íons complexados a estes ácidos orgânicos são liberados na forma amorfa para a solução do solo, podendo formar novos complexos ou quelatos com AF e AH, sendo posteriormente acumulados no horizonte espódico.

A hipótese da decomposição microbiana da matéria orgânica no horizonte B espódico seguida do estreitamento da relação C/metálico pelo aumento de complexos de Fe e Al solúveis proposta por SCHNITZER (1969) pode estar sendo favorecida nos solos dos ambientes estudados (Quadro 6) em função do hidromorfismo apresentado, tendo em vista que nessas condições os compostos alifáticos são mais rapidamente decompostos. Os resultados encontrados por GOMES (1995) e GOMES (2005) em Espodosolos de Restinga no Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente, mostram a mesma tendência, porém, com valores mais estreitos para a relação.

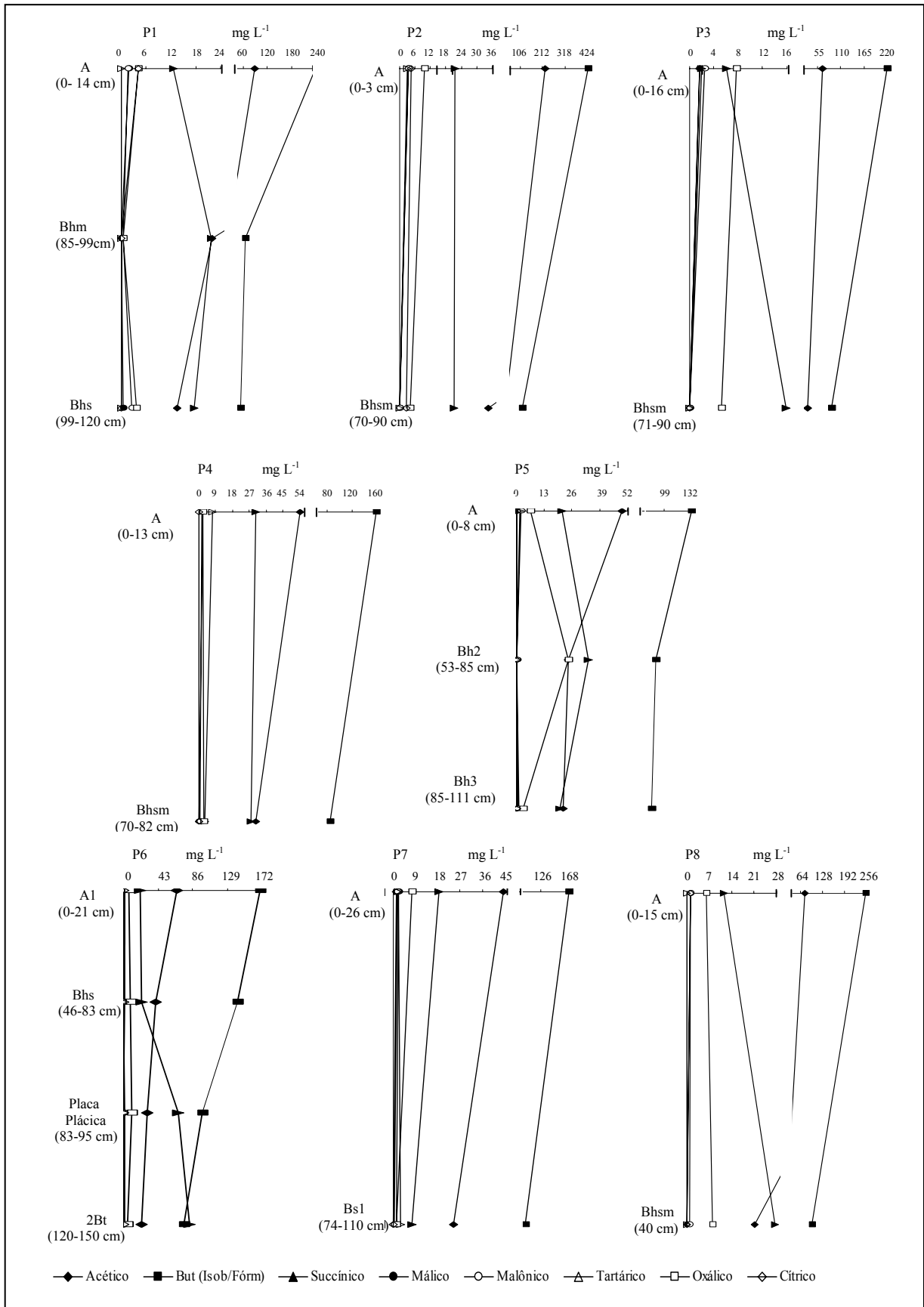


Figura 8. Teores de ácidos orgânicos de baixa massa molecular extraídos dos solos estudados.

A DOEO apresentou correlação significativa com os teores de ácidos fúlvicos ($r = 0,81$; $p < 0,001$) e ácidos húmicos ($r = 0,51$; $p < 0,05$) nos horizontes B espódicos (Figura 7) indicando a mobilidade dessas substâncias no perfil e acúmulo na forma de complexos com íons Al e Fe nestes horizontes.

Nos horizontes superficiais a relação C/N variou entre 7,19 a 42,75 (Quadro 6). Excetuando-se os perfis P5 e P6 (placa plácica) (muçunungas pretas), foi observado o aumento desta relação nos horizontes B espódicos dos solos estudados de forma semelhante aos resultados encontrados em Espodossolos do Brasil (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; GOMES, 2005) e mesmo de outras regiões tropicais (VAN WAMBEKE, 1992). Os valores da relação C/N mais elevados nos horizontes espódicos estão relacionados à lixiviação preferencial de material vegetal pouco alterado, proveniente dos horizontes superficiais.

A matéria orgânica leve (MOL) é constituída de resíduos vegetais e animais em diferentes estádios de decomposição sendo considerada a principal fonte de nutrientes para os solos, pois favorece a atividade da macro e microbiota no processo de mineralização do material orgânico sendo, talvez, o principal mecanismo responsável pelo aporte de nutrientes às plantas e retorno do C aos solos. Maiores valores de MOL foram verificados nos horizontes superficiais (Quadro 6), o que se deve à maior ciclagem de nutrientes devido ao aporte superficial de resíduos orgânicos pela vegetação.

De modo geral, a relação C/N da MOL apresenta valores mais estreitos nos horizontes superficiais, sendo estes decorrentes da maior labilidade desta fração e conseqüentemente, maior ciclagem de nutrientes em superfície (Quadro 6). A MOL apresenta-se em maiores proporções nos horizontes superficiais dos solos. Já nos horizontes B espódicos verifica-se a presença mais marcante da matéria orgânica mais estável (substâncias húmicas) que por sua vez, apresenta maior participação no estoque de C dos solos. Nos perfis P1, P2, P3 e P4, as relações H/C da MOL foram mais baixas nos horizontes espódicos em relação aos horizontes sobrejascentes indicando maior aromaticidade e recalcitrância desta fração nestes horizontes. Para os perfis P5, P6, P7 e P8 estas relações foram menores nos horizontes espódicos.

4.6. Características Mineralógicas

A fração argila dos horizontes espódicos e fragipãs estudados é simples e amplamente dominada pela caulinita. Pequenas quantidades de quartzo e de vermiculita com hidróxi entre camadas são também encontradas (Figura 9).

Esta mineralogia é condizente com o material de origem dos solos, especialmente os perfis P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P8, que foram desenvolvidos a partir de Argissolos Amarelos coesos (PA) relacionados ao Barreiras. Neste caso, em razão da textura arenosa dos Espodossolos, prevê-se a dissolução das caulinitas, bem como do quartzo dos PA de entorno, favorecida pelas condições ácidas do meio com posterior recristalização (neoformação) da caulinita (MOREAU, 2001).

A mineralogia caulínica é comum tanto para Argissolos como para Latossolos originados de sedimentos do Grupo Barreiras (ACHÁ PANOSO, 1976; ANJOS, 1985; FONSECA, 1986; FERREIRA, 1988; FERNANDES, 2000), bem como para Espodossolos formados a partir de depósitos quaternários (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; GOMES, 2002; GOMES, 2005). FONSECA (1986), estudando Argissolos e Latossolos Amarelos coesos dos Tabuleiros Costeiros, menciona também o amplo domínio de caulinita, pequena quantidade de quartzo e de vermiculita com hidróxi entre camadas, mineral este de reconhecida estabilidade em meio ácido e já relatado em Espodossolos de Restinga no Brasil (GOMES, 1995; GOMES 2002) e de clima temperado (BRYDON & SHIMODA, 1972).

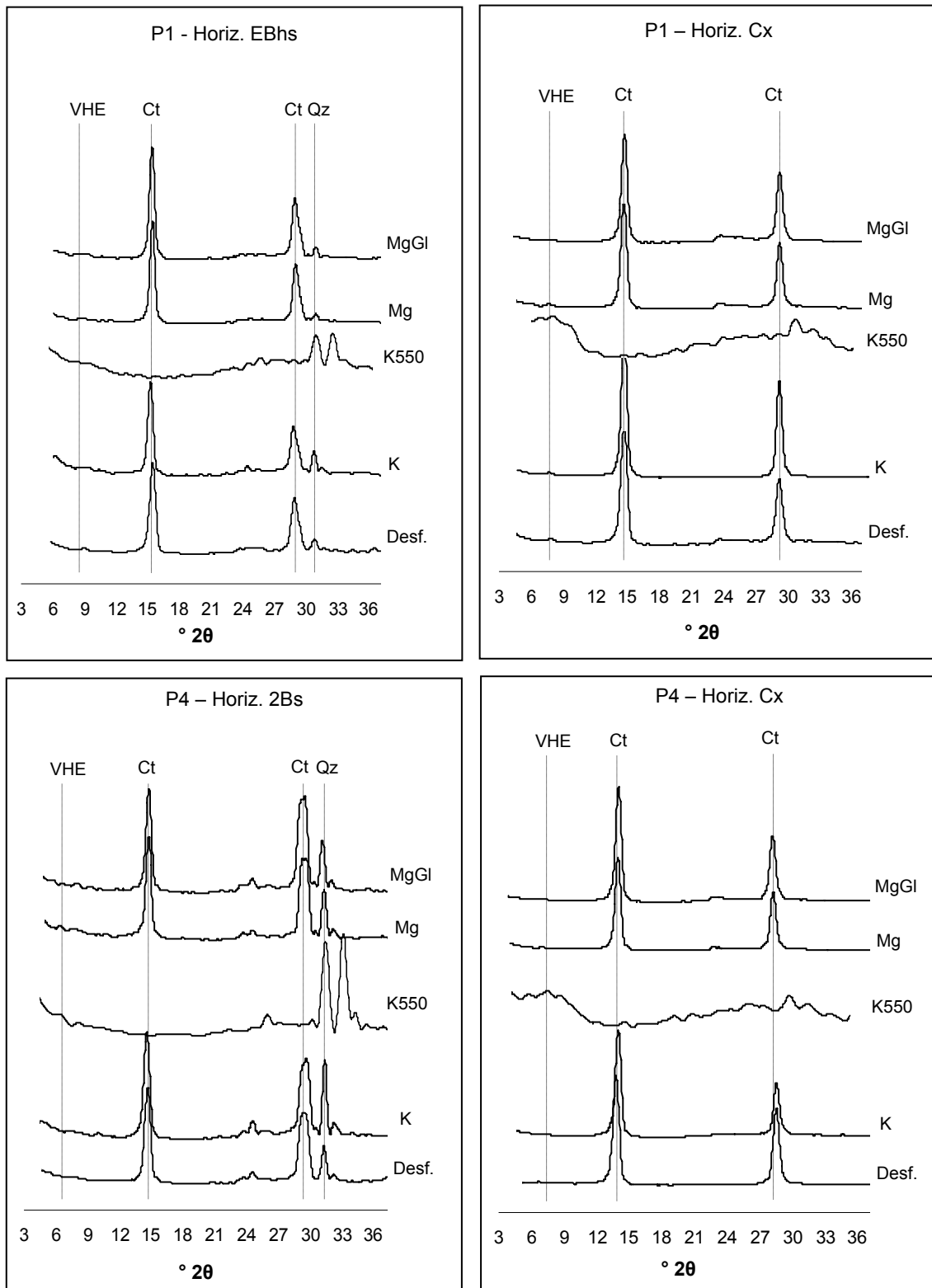


Figura 9. Difratoformas da fração argila dos horizontes B e C de alguns dos solos estudados. Ct = Caulinita, VHE = Vermiculita com hidróxi entre camadas.

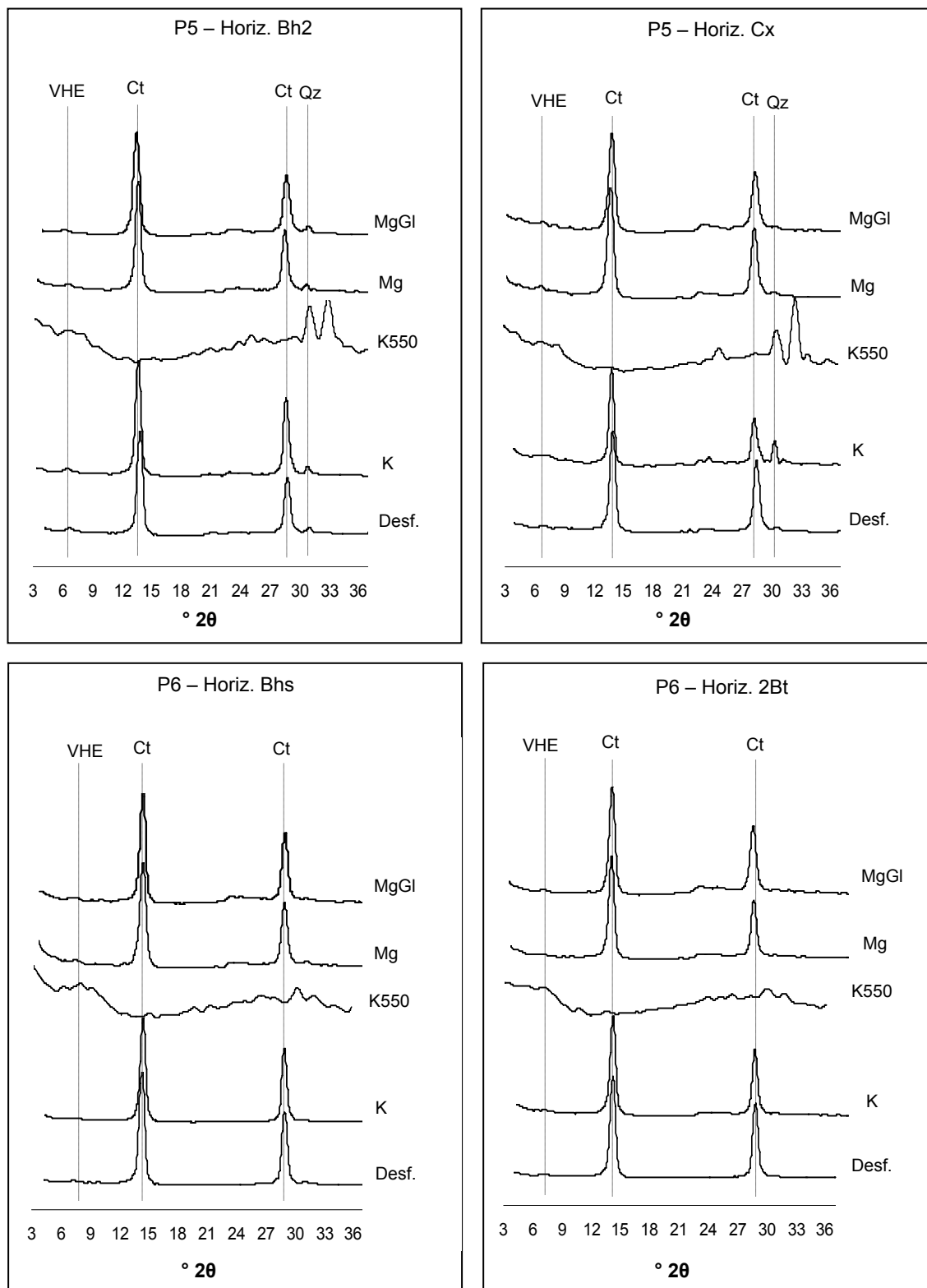


Figura 9 (continuação). Difrátogramas da fração argila dos horizontes B e C de alguns solos estudados. Ct = Caulinita, VHE = Vermiculita com hidróxi entre camadas.

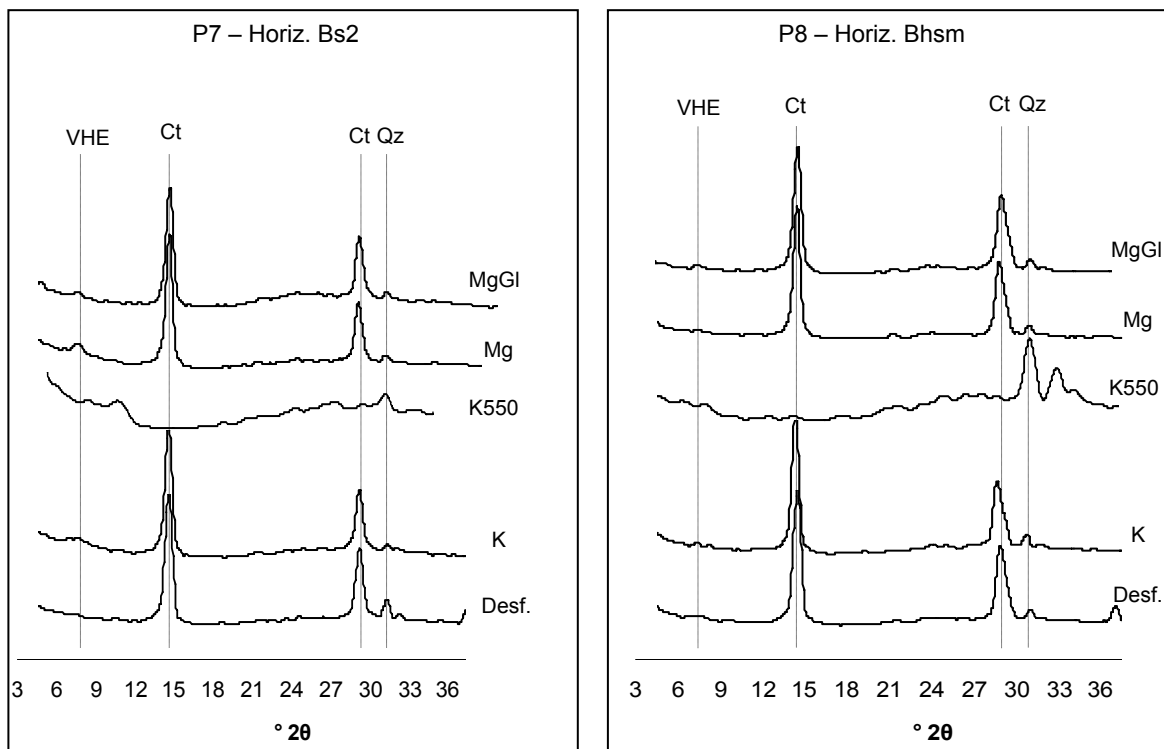


Figura 9 (continuação). Difrátogramas da fração argila dos horizontes B e C de alguns dos solos estudados. Ct = Caulinita, VHE = Vermiculita com hidróxi entre camadas.

Segundo ANDRIESSE (1969), McKEAGUE et al. (1983), GOMES, (1995), MOURA FILHO (1998) e GOMES (2002), o quartzo na fração argila é comum em Espodosolos de regiões tropicais desenvolvidos a partir de sedimentos terciários e quaternários, inclusive aqueles formados de diferentes materiais de origem em regiões temperadas ou frias.

Os difratogramas das frações silte (Figuras 10.A, 10.B e 10.C) e areia (Figura 10.D) também apresentam mineralogia simples, quase que totalmente dominada por quartzo. Apenas nos perfis P7 e P8 constatou-se pequeno pico de mica, que pode estar relacionada à sua deposição por sedimentos mais recentes.

A observação ao microscópio da fração areia grossa dos horizontes espódicos dos perfis P2, P5, P7 e P8 (Figuras 11, 12, 13 e 14) revela composição essencialmente quartzosa, sendo os grãos bem selecionados (arredondados ou subarredondados) sem diferença aparente entre todos os solos estudados.

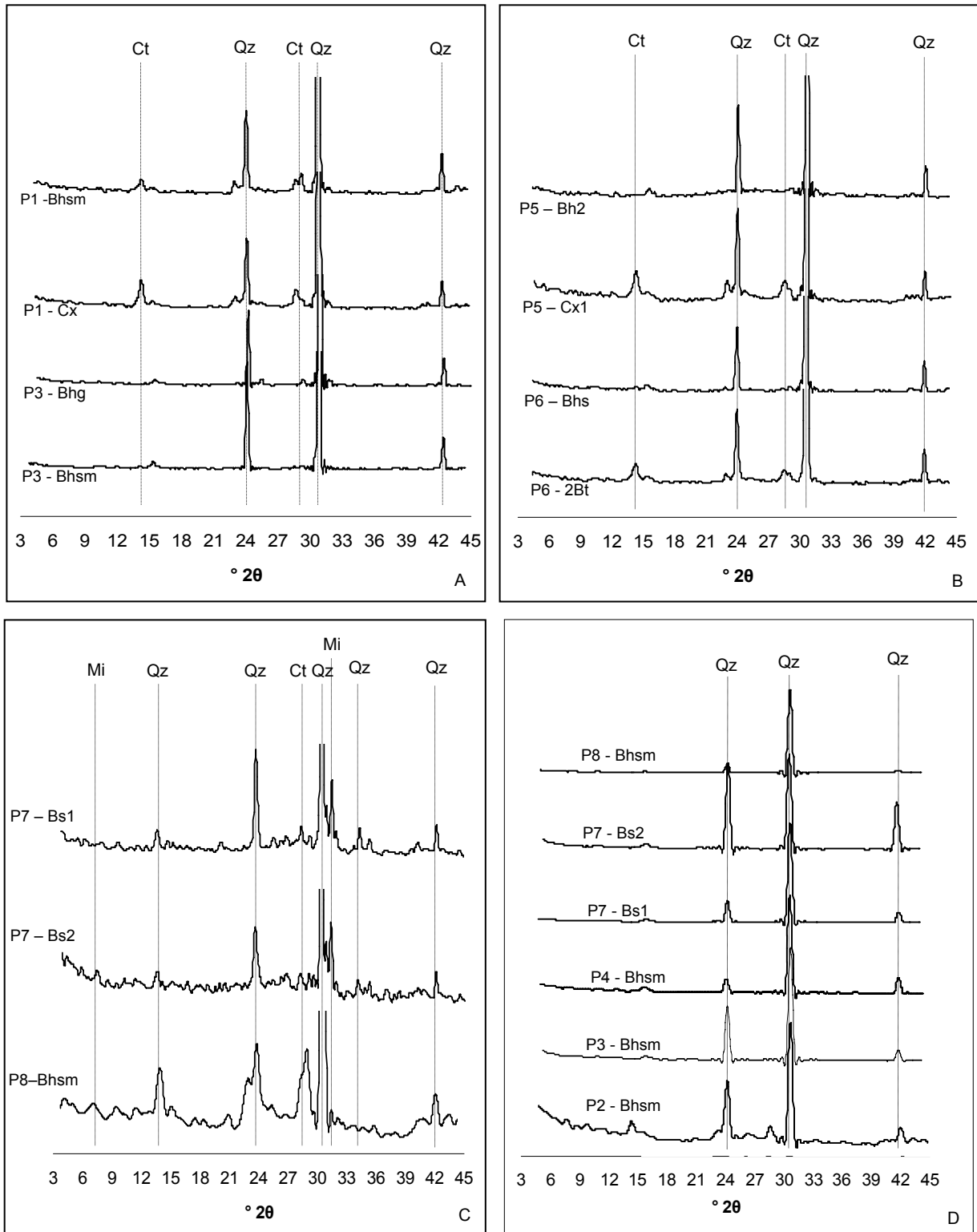


Figura 10. Difratoqramas das frações silte (A, B, C) e areia (D) de alguns solos estudados. Mi = Mica, Qz = Quartzo, Ct = Caulinita.

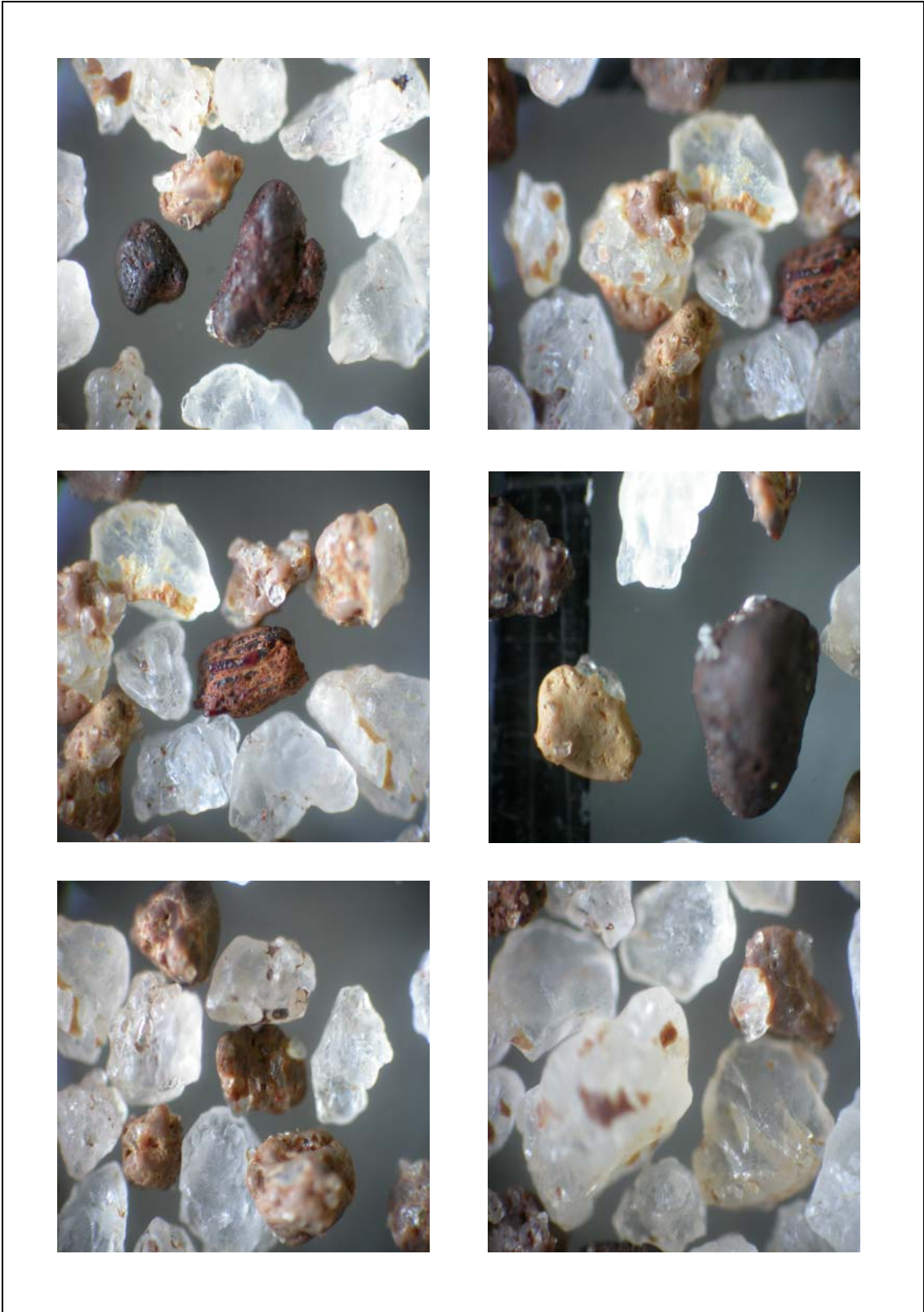


Figura 11. Fotografias da fração areia grossa (0,5 – 1,0 mm) do horizonte BhsM do perfil P2.



Figura 12. Fotografias da fração areia grossa (0,5 – 1,0 mm) do horizonte Bh2 do perfil P5.



Figura 13. Fotografias da fração areia grossa (0,5 – 1,0 mm) do horizonte Bs2 do perfil P7.

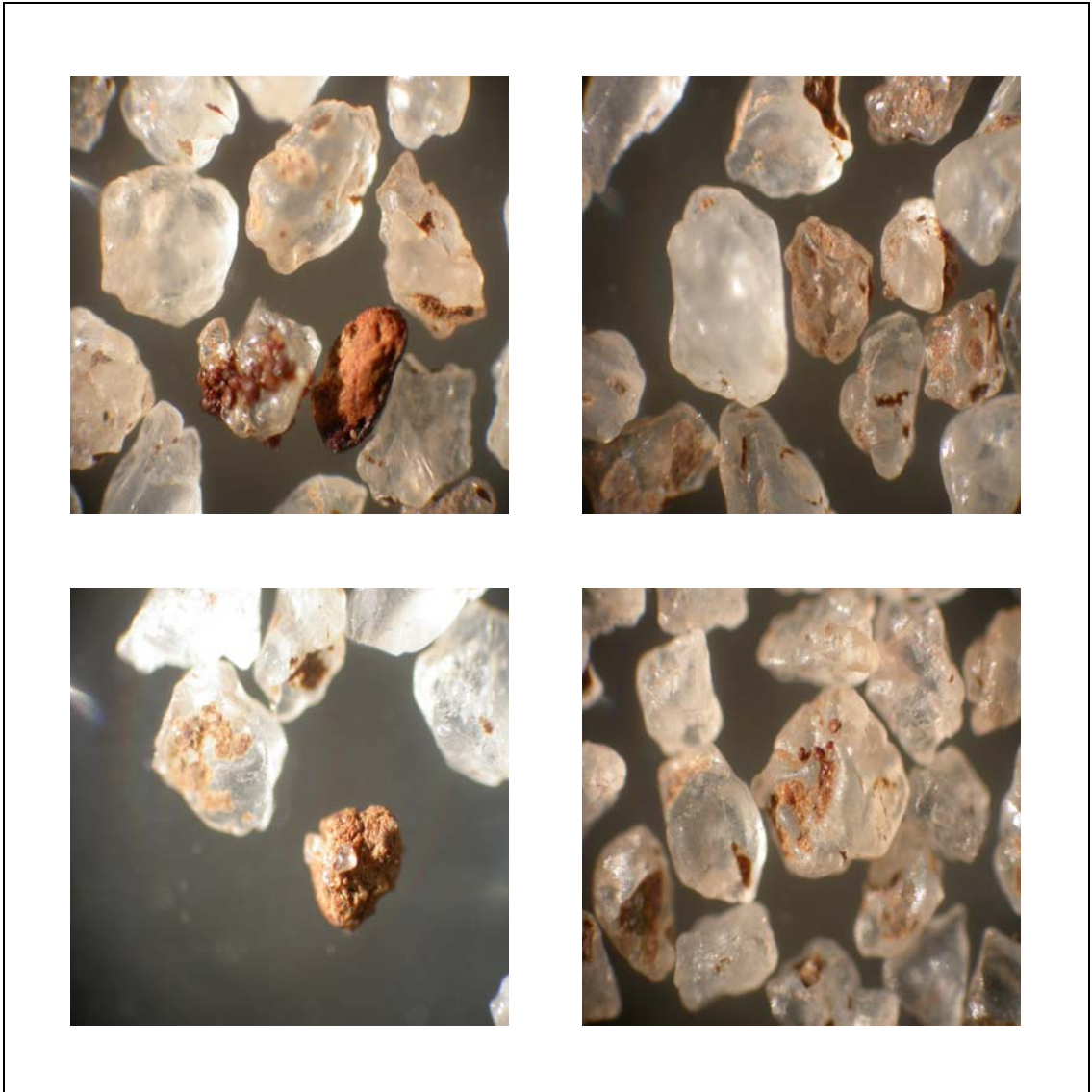


Figura 14. Fotografias da fração areia grossa (0,5 – 1,0 mm) do horizonte Bhsm do perfil P8.

4.7. Classificação dos solos estudados

De acordo com os critérios do SiBCS (EMBRAPA, 2006) os perfis P1, P2, P3 e P8 foram classificados como Espodossolos Ferrihumilúvicos Hidromórficos dúricos, pois além de apresentarem acúmulo de água logo acima ou no próprio horizonte espódico, apresentam BH e Bhs endurecidos (ortstein) dentro de 100 cm da superfície do solo. O P4 foi classificado como Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico, pois além de apresentar ortstein, não apresentou sinais de acúmulo de água em nenhum horizonte, apesar de possuir um delgado horizonte transicional entre o E e o Bhs com características de gleização.

O perfil P5 (muçununga preta) foi classificado como Espodossolo Humilúvico Órtico típico, embora se suspeite de acúmulo de água em alguma parte do ano. A tênue coloração acinzentada observada em camada acima do fragipã corrobora esta afirmativa, apesar de não se encontrar o solo saturado com água em duas ocasiões para observação. Ressalta-se que nesta área o eucalipto até que apresenta bom desenvolvimento e crescimento, revelando-se um “site” diferenciado.

O P6 (também muçununga preta), apesar da cor escura, não apresentou teores elevados de carbono orgânico no B espódico. Este perfil apresentou “placa” ou camada plácica descontínua logo abaixo do horizonte Bhs, a qual se seguiu o horizonte de cor 10YR 5/6, com textura argilosa (49 % de argila) e consistência plástica e pegajosa, transicionando para Argissolo Amarelo, daí sua classificação como Espodossolo Humilúvico Órtico argilúvico. A presença de um horizonte de coloração amarelada, muito parecido com o Bt dos Argissolos Amarelos coesos da área de estudos, subjacente ao Bhs do P6 sugere que o processo de podzolização neste solo foi mais recente que a deposição dos sedimentos do Barreiras e, talvez, sem sílica em solução e período seco suficiente para formar o fragipã.

Os perfis P1, P2, P3, P4, P5 e P8 todos com fragipã, parecem ter tido a gênese relacionada à destruição de argila, sobretudo caulinita, nas áreas deprecionais onde se encontram. Esta afirmativa parece ter boa âncora pelo fato destes solos transicionarem para Argissolos Amarelos coesos de textura média a argilosa em curtas distâncias. As freqüentes observações de horizontes plácicos nas áreas de PA coesos de entorno apontam, também para aporte lateral de ferro e, certamente também, de alumínio e

sílica, que estariam contribuindo na gênese dos horizontes espódicos e fragipã respectivamente. Destaca-se, entretanto, que os baixos teores de Fe_2O_3 constatados tanto pelo ataque sulfúrico como pelo ditionito, sugerem sua perda pelas condições mais hidromórficas impostas pelos horizontes espódicos e fragipã.

O perfil mais litorâneo, localizado em mata de restinga, parece ser o de menor desenvolvimento pedogenético, a inferir-se pelas cores tênues do horizonte Bs e sua estrutura em grãos simples. Além de ser um solo realmente mais jovem (sedimentos quaternários), não apresenta organização estrutural (grãos simples da superfície à 200 cm), nem qualquer evidência de cimentação. É provável que esta incipiente podzolização esteja relacionada à falta de tempo para solubilização de compostos orgânicos, à pobreza do meio em Al e Fe para complexação das substâncias húmicas e ao domínio de areia grossa que favoreceria uma lixiviação muito rápida dos complexos organo-metálicos.

É interessante notar que à exceção do P7 todos os solos apresentam teores de alumínio maiores que os de ferro por quaisquer dos extratores utilizados. E, a inferir-se pelos dados de bibliografia (GOMES, 1995; MOURA FILHO, 1998; MOREAU, 2001; GOMES, 2002; GOMES, 2005), isto parece mais regra que exceção. Vale registrar que a Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1999) tem usado o prefixo Al para Espodossolos com menos de 0,10 % de ferro pelo oxalato ácido de amônio em 75 % ou mais da espessura do horizonte espódico, em nível de grande grupo (Alorthods, Alaquods, etc.). Assim, a rigor, as terminologias Ferrilúvico e Ferrihumilúvico não parecem as mais apropriadas no reconhecimento de subordem do SiBCS.

5. CONCLUSÕES

Os solos estudados são de textura arenosa ou, quando muito, textura média no horizonte diagnóstico B espódico, destacando-se o predomínio da fração areia grossa, particularmente no perfil mais litorâneo coletado sob mata de restinga (P7).

Os solos estudados são ácidos, distróficos, alguns dos quais (P1, P2 e P8) com teores de alumínio muito elevados e superiores a 4,0 cmolc kg⁻¹ no horizonte B espódico.

À exceção do P7 (restinga), todos os solos (Barreiras) apresentaram horizonte B espódico endurecido (P1, P2, P3, P4 e P8) ou não (P5 e P6) seguido de fragipã.

O caráter fragmentário do fragipã sugere instabilidade nas condições climáticas atuais. No P7, a deposição recente dos sedimentos arenosos (holoceno) e da vegetação, ainda não permitiu o desenvolvimento de horizontes desta natureza.

Também à exceção do P7 todos os solos apresentaram teores de alumínio extraídos pelo ditionito, oxalato, pirofosfato e mesmo pela digestão sulfúrica, maiores que os de ferro. Intensa revisão bibliográfica indica que isso parece mais regra que exceção, sugerindo a necessidade de reavaliar a nomenclatura das subordens do atual SiBCS, que enfatizam a iluviação de ferro, a inferir-se pela nomenclatura de duas subordens: Ferrilúvicos e Ferrihumilúvicos.

Os valores de densidade ótica do extrato do oxalato (DOEO) dos horizontes B espódicos encontram-se de 0,31 a 3,14, portanto maiores que 0,25, requerido na definição de spodic materials da Soil Taxonomy. O P7, com o valores de 0,07 no Bs1 e 0,10 no Bs2, não atendeu a este requisito.

Os baixos teores de ferro observados para a maioria dos horizontes espódicos dos solos do presente estudo indicam que a cor escura e mesmo caramelizada destes horizontes parecem relacionadas à própria coloração dos ácidos envolvidos ou mesmo aos complexos orgânicos ligados ao Al.

Os teores de AH e AF mais elevados nos horizontes espódicos indicam movimentação dessas substâncias no perfil e acúmulo de CO nessas formas nesses horizontes, indicando a importante participação destes compostos na gênese dos solos estudados. O P7 se diferencia pedogeneticamente dos demais por não apresentar essa mesma tendência em relação à matéria orgânica.

A mineralogia da fração argila dos horizontes B espódicos e fragipã dos solos estudados revelou amplo domínio de caulinita e aparentemente pequena proporção de quartzo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHÁ PANOSO, L. **Latossolo Vermelho-Amarelo de “Tabuleiro” do Espírito Santo: formação, característica e classificação.** Recife, PE: UFRPE, 1976. 116p. (Tese de Livre Docência) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils.** Londres, Blackie Academic, 1995. 368 p.
- ANDERSON, H.A.; BERROW, M.L.; FARMER, V.C.; HEPBURN, A.; RUSSEL, J.D.e WALKER, A.D. A reassessment of podzol formation processes. **Journal of Soil Science**, 1982. v.33, p.125-136.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods.** CAB International, 1989. 171p.
- ANDRIESSE, J.P. A study of the environment and characteristics of tropical podzols in Sarawak (East-Malaysia). **Geoderma**, Amsterdam, 1969. v.2, p.201-227.
- ANJOS, L.H.C. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos – RJ.** Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1985. 194p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1985.

- ARAÚJO, D.S.D.; LACERDA, L.D. A Natureza das Restingas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, 1987. v.6, p.42-48.
- ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M.T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no Complexo Lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** 2000. v.14, n.3, p.301-315.
- BAZIRAMAKENGA, R.; SIMARD, R.R. & LEROUX, G.D. Determination of organic acids in soil extracts by ion chromatography. **Soil Biol. Biochem.** 1995. v.3, p.349-356.
- BECCATO, M.A.B. **Elaboração participativa de uma proposta de reestruturação do sistema de tratamento de esgoto da Comunidade de Maruja – Parque Estadual da Ilha do Cardoso/SP.** São Carlos, SP: USP, 2004. 229p. Tese (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2004.
- BIGARELLA, J.J.; ANDRADE, G.O. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras).** Recife: Arq. Inst. Ciênc. Terra, 1964. v.2, p.2-14.
- BIGARELLA, J.J. The Barreiras Group em Northeast Brazil. **Anais.** Acad. Brás. Ciências, v.47 (Suplementos), 1975. p.365-393.
- BITENCOURT, A.C.S.P. As coberturas terciárias e quaternárias do interior da zona costeira. In: BARBOSA, J.S.F. e DOMINGUEZ, J.M.L. Geologia do Estado da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico. Salvador: **Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração.** Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996. 400p.
- BOUDOT, J.P.; BEL HADJ BRAHIM, A.; STEIMAN, R.; SEIGLE-MURANDI, F. Biodegradation of synthetic organo-metallic complexes of iron and aluminium with selected metal to carbon ratios. **Soil Biol. Biochem.** 1989. v.21, p.961-966.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Folhas NA.20 Boa Vista e Parte das Folhas NA.21/NB.20/NB21 Tumucumaque/Roraima. **Projeto RADAMBRASIL**, 1975. p.246-249.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Folha NA.19 Pico da Neblina. **Projeto RADAMBRASIL**, 1976. p.247.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Folhas SB/SC.18 Javari/Contamana. **Projeto RADAMBRASIL**, 1977a. p.223-225.

- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Folha SA.19 Içá. **Projeto RADAMBRASIL**, 1977b. p.230-232.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – Secretaria Geral. Folha AS.20 Manaus. **Projeto RADAMBRASIL**, 1978. p.309-310.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. **Aptidão Agrícola das Terras da Bahia**. Brasília, BINAGRI, 1979. 140p. (Estudos básicos para o planejamento agrícola; Aptidão agrícola das terras, 10).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Folha SE 24 Rio Doce: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro, 1987. 548p.
- BREMNER, J.M., MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. Madison: **American Society of Agronomy**, 1982. p.595-624.
- BRYDON, J.E.; SHIMODA, S. Allophane and other amorphous constituents in a podzol from Nova Scotia. **Can. J. Soil Sci.** 1972. v.52, p.465-475.
- BUURMAN, P. Carbon/sesquioxide ratios in organic complexes and the transition albic-spodic horizon. **Journal of Soil Science**, 1985. v.36, p.255-260.
- BUURMAN, P.; JONGMANS, A.G. Podzolization and Soil Organic Matter Dynamics. **Geoderma**, 2005. v.125, p.71-83.
- CAMARGO, F.A.O.; ZONTA, E.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, 2001. v.31, n.3, p.523-529.
- CHILDS, C.W.; PARFITT, R.L.; LEE, R. Movement of aluminium as an inorganic complex in some podzolised soils, New Zealand. **Geoderma**, 1983. v. 29, p.139-155.
- CHRIST, M.J.; DAVID, M.B. Temperature and moisture effects on the production of dissolved organic carbon in a Spodosol. **Soil Biot. Biochem**, 1996. v.28, n.9, p.1191-1199.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 188p.
- COGLIATTI-CARVALHO, L.; FREITAS, A.F.N. DE; ROCHA, C.F.D. DA; VAN SLUYS, M. Variação na estrutura e na composição de Bromeliaceae em cinco zonas de restinga no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. **Rev. brasil. Bot.**, São Paulo, 2001. v.24, n.1, p.1-9.

- CORDEIRO, S.Z. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** 2005. v.19, n.4, p.679-693.
- CORRÊA, M.M.; MOREAL, A.M.; KER, J.C. e CARVALHO FILHO, A. Avaliação de critérios de classificação de Espodosolos do Pantanal Matogrossense e de Tabuleiros Costeiros relacionados ao Grupo Barreiras. CD-ROOM **Congresso Bras. Ci. Solo.** Brasília, 1999.
- CORRÊA, M.M. **Óxidos de ferro e tipificação de caulinitas na gênese de solos coesos do ambiente dos Tabuleiros Costeiros.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 194p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- DeCONINCK, F. Major mechanisms in formation of spodic horizons. **Geoderma**, 1980. v. 24, p. 101-128.
- DRIESSEN, P.M.; DUDAL, R. **Lectures notes on the Geography, Formation, Properties and use of the major soils of the world.** Wageningen: Agricultural University, 1989. p.259-271.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Alagoas.** Recife: 1975a. 532p. (Embrapa-CPP. Boletim Técnico nº 35; SUDENE. Série Recursos de Solos, 5).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Sergipe.** Recife: 1975b. 506p. (Embrapa-CPP. Boletim Técnico nº 36; SUDENE. Série Recursos de Solos, 6).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro – RJ). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia.** Recife: 1977 – 1979. 737p. 2v. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE. Série Recursos de Solos, 10).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento Semidetalhado e Aptidão Agrícola dos Solos do Município do Rio de Janeiro, RJ.** Rio de Janeiro, 1980. 389p. (Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico nº 66).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de Solos do Brasil, 1:5.000.000.** Rio de Janeiro, RJ, 1981.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. **IV Reunião de classificação, correlação e Aplicação de levantamento de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1994. 131p.

- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 1997. 212p.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no estado do Espírito Santo e no extremo sul da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto**. Embrapa-Solos, Rio de Janeiro, RJ. 2000. 111p. (Boletim de Pesquisa 1).
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos – EMBRAPA/CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2.ed. Washington: USDA (Agriculture Handbook), 1999. 870p.
- FARMER, V.C.; RUSSEL, J.D.; SMITH, B.F.L. Extraction of inorganic forms of traslocated Al, Fe and Si from a Podzol Bs horizon. **Journal of Soil Science**, 1983a. v.34, p.571-576.
- FARMER, V.C.; SKJEMSTAD, J.O.; THOMPSON, C.H. Genesis of humus B horizons in hidromorphic humus podzols. **Nature**, 1983b. v.304, p.342-344.
- FERNANDES, R.B.A. **Atributos mineralógicos, cor, adsorção e dessorção de fosfatos em Latossolos do Sudeste Brasileiro**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 265p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro. Nova Fronteira, 1986. 1838p.
- FERREIRA, M.M. **Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos brasileiros**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 79p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- FONSECA, O.O.M. **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro**. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986. 185p. (Tese de Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1986.
- FONSECA-KRUEL, V.S. DA; PEIXOTO, A.L. Etnobotânica na Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** 2004. v.18, n.1, p.177-190.

- FRANZMEIER, D.P.; NORTON, L.D. & STEINHARDT, G.C. Fragipans formation in loess of the Midwestern United States. In: SMECK, N.E. & CIOLKOSZ, E.J., eds. **Fragipans: Their Occurrence, Classification, and Genesis**. Wisconsin, USA. SSSA, 1989. p.69-97.
- 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: UFV, 1995. 170p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- GOMES, F.H. **Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus – Bahia**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 96p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- GOMES, F.H. **Gênese e classificação de solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso – SP**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2005. 107p. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
- HALLMARK, C.T. & SMECK, N.E. The effect of extractable aluminum, iron, and silica on strength and bonding of fragipan of northeastern Ohio. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 1979. v.43, p.145-150.
- HEINSDIJK, D.; MACÊDO, J.G; ANDEL, S.; ASCOLY, R.B. **A Floresta no Norte do Espírito Santo: dados e conclusões de um inventário florestal piloto**. Brasil. Ministério da Agricultura. Departamento de Recursos Naturais Renováveis. Divisão de Silvicultura – Secção de Pesquisas Florestais. Rio de Janeiro. 1965. 68p. (Boletim nº 7).
- HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. **Interactions of soil minerals with natural organics and microbes**. Madison: Soil Science Society of America, Inc. 1986. 606p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. - IBGE. **Mapa de Solos do Brasil**. Disponível na Internet: <http://mapas.ibge.gov.br/solos/viewer.htm>. Acesso em 15 de janeiro de 2007.
- JONES, D.L. Organic acids in the rhizosphere – a critical review. **Plant and Soil**, 1998. v.205, p.25–44.
- JUN, Y.; LEE, E.Z.; HUH, Y.S.; HONG, Y.K.; HONG, W.H.; LEE, S.Y.; Kinetic study for the extraction of succinic acid with TOA in fermentation broth; effects of pH, salt and contaminated acid. **Biochemical Engineering Journal**. 2006. In Press.
- KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, 1956. n.2, p.147-265.

- LEE, F.Y.; YUAN, T.L.; CARLISLE, V.W. Nature of Cementing Materials in Ortsteins Horizons of Selected Florida Spodosols: I. Constituents of Cementing Materials. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 1988. v.52, p.1411-1418.
- LÜNDSTROM, U.S.; VAN BREEMEN, N.; BAIN, D.C. The podzolization process. a review. **Geoderma**, 2000. v. 94, p. 91-107.
- McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate. Extratable Fe and Al as Aids in differentiating various classes of soils. **Can. J. Soil Sci.**, 1966. v.46. p.13-22.
- McKEAGUE, J.A.; BRYDON, J.E.; ILES, N.H. Differentiation of forms extractable iron and aluminum in soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 1971. v.35, p.33-38.
- McKEAGUE, J.A.; DeCONINCK, F.; FRANZMEIER, D.P. Spodosols. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. **Pedogenesis and soil taxonomy. II The soil orders.** Amsterdam: Elsevier, 1983a. 410p.
- MEIRELES, M.C.S.; RIBEIRO, L.P. Caracterização da sílica em horizontes coesos de solos de Tabuleiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Viçosa, 1995. **Anais.** Viçosa: SBCS, 1995. p.1888-1889.
- MEHRA, J.P.; JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. **Clays Clay Miner.** 1960. v.7, p.317-327.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** 2 ed. Academic Press. 1995. 889p.
- MOKMA, L.; BUURMAN, P. **Podzols and podzolization in temperate regions.** Wageningen: International Soil Museum, 1982. 126p. (ISM monograph, 1).
- MOKMA, D.L.; EVANS, C.V. Classification of Soils: Spodosols. In: SUMNER, M.E. **Handbook of Soil Science.** CRC Press. 1999. p.E-307-E321.
- MOKMA, D.L.; YLI-HALLA, M.; LINDQVIST, K. Podzol formation in sandy soils of Finland. **Geoderma**, 2004. v.120, p.259-272.
- MOREAU, A.M.S.S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 139p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

- MOURA FILHO, G. **Caracterização e Uso de solos arenosos associados à Foz do Rio São Francisco, no Litoral Sul de Alagoas.** Viçosa, MG: UFV, 1998. 169p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.
- NETTLETON, W.D.; McCRAKEN, R.J. & DANIELS, R.B. Two North Carolina Coastal Plain catenas. II. Micromorphology, composition and fragipan genesis. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 1968. v.32, p.582-587.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: Guia auxiliar para seu reconhecimento.** Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PARFITT, R.L.; CHILDS, C.W. Estimation of forms of Fe and Al: A review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. **Australian Journal of Soil Research**, 1988. v.26, p.121-144.
- PEGORARO, R.F.; SILVA I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V., V.H.; NUNES, F.N.; FONSECA, F.M., SMYTH, T.J. Diffusive flux of cationic micronutrients in two Oxisols as affected by low-molecular-weight organic acids and cover-crop residue. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 2005. v.168, p.334-341.
- PEREIRA, M.C.A.; ARAUJO, D.S.D.; PEREIRA, O.J. Estrutura de uma comunidade arbustiva da Restinga de Barra de Maricá – RJ. **Rev. Bras. Bot.** São Paulo, 2001. v.24, n.3, p.273-281.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 2 ed. Viçosa, MG: NEPUT, 1997. 367p.
- REZENDE, J.O. **Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo.** Salvador: SEAGRI, SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1).
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa – MG, 1999. 359p.
- RODRIGUES e SILVA, F.B. & LEPRUN, J.C. Duripãs em solos dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Anais.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.
- ROSSI, M.; QUEIROZ NETO, J.P. Os solos como indicadores das relações entre sedimentos continentais e marinhos na planície costeira: rio Guaratuba (SP). **Rev. Bras. Ci do Solo**, Viçosa, 2001. v.25, p.113-120.

- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Rev. Bras. Ci do Solo**, Viçosa, 2005. v.29, p.297-300.
- SANTOS, M.G.; SYLVESTRE, L.S.; ARAUJO, D.S.D. Análise florística das pteridófitas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta bot. bras.** 2004. v.8, n.2, p.271-280.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª edição. Revista e ampliada. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005. 100p.
- SCHNITZER, M. Reaction between fulvic acids, a soil humic compound and inorganic soil constituents. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 1969. v.26, p.362-365.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais**. Escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. 501p.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. **Nature**, 1966. v.212. p.645–646.
- SCHWERTMANN, U. Use of oxalate for Fe extraction from soils. **Canadian Journal of Soil Science**, 1973. v.53. p.244-246.
- SCHWERTMANN, U.; KODAMA, H.; FISCHER, W.R. Mutual Interactions Between Organics and Iron Oxides. In: HUANG, P.M. & SCHNITZER, M. (Eds.) **Interactions of soil minerals with natural organics and microbes**. 2a ed. Soil Science Society of America. Madison, USA. 1986. 606p.
- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. (eds). **Minerals in Soil Environments**, 2 ed. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1989. p.379-438.
- SILVA, I.R.; SMYTH, T.J.; RAPER, C.D.; CARTER, T.E.; RUFTY, T.W. Differential aluminum tolerance in soybean: An evaluation of the role of organic acids. **Physiologia Plantarum**. 2001. v.112, p.200–210.
- SONEHARA, J.S. **Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de vegetação de Restinga no Parque Estadual do Rio da Onça – Matinhos, PR**. Curitiba, PR: UFPR, 2005. 68p. Tese (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SOUZA, B.J. **Onomástica Geral da Geografia Brasileira**. Bahia, 1927. 319p.

- SWIFT, R. Organic matter characterization. In D.L. Sparks (ed.) **Methods of soil analysis. Part 3**. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI, 1996. p.1011-1069.
- TAN, K.H. Degradation of Soil Minerals by Organic Acids. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. **Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes**. Madison: Soil Science Society of America, Inc., 1986. 606p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**. 1982. v.33, p.141-163.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil survey laboratory methods manual**. 3.ed. Washington, D.C. USDA, NRCS, NSSC, 1996. 693p. (Soil Survey Investigations Report, 42).
- VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 1998. 337p.
- VAN HEES, P.A.W.; LÜNDSTROM, U.S.; GIESLER, R. Low molecular weight organic acids and their Al-complexes in soil solution – composition, distribution and seasonal variation in three podizoled soils. **Geoderma**, 2000. v.94, p.173-200.
- VAN HEES, P.A.W.; LÜNDSTROM, U.S. Equilibrium models of aluminium and iron complexation with different organic acids in soil solution. **Geoderma**, 2000. v.94, p.201-221.
- VAN WAMBEKE, A. **Soils of the tropics – Properties and Appraisal**. New York. McGraw-Hill, Inc. 1992. 343p.
- VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada em sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.
- VILAS BOAS, G.S. Sedimentos Terciários e Quaternários do Interior. In: BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. **Geologia da Bahia: Texto Explicativo para o mapa geológico ao milionésimo**. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996. 400p.
- WANG, C. Extratable Al, Fe and Mn (and Si if desired). In: McKEAGUE, J.A., (ed.) **Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis**. 2.ed., Canadian Society of Soil Science, 1978. p.98-108.

WANG, C.; McKEAGUE, J.A; KODAMA, H. Pedogenic imogolite and soil environments: case study of Spodosols in Quebec, Canada. **Soil Sci., Soc. Am. Proc.**, 1986. v.50, p.711-718.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soils. **Comm. Soil Sci. Plant Annual**, 1988. v.19. p.1467-1476.

APÊNDICE

1 – Descrições Morfológicas

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 1

DATA – 19/04/2005

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolos Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESKg

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Ao lado do 1º talhão da área nº 618 da Empresa Aracruz Celulose S/A, município de Caravelas, BA, 17° 42' 13" S e 39° 44' 29" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira. Área abaciada de relevo plano com vegetação de Capim Quicuiu e algumas árvores de baixo porte.

ALTITUDE – 80 metros.

LITOLOGIA – Terciário

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/Suave ondulado.

EROSÃO – Ausente.

DRENAGEM – Excessivamente drenado até o topo do Bhs e imperfeitamente drenado no Bhs.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Pastagem natural.

CLIMA – Af da Classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira, Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 – 14 cm; cinzento-claro (10YR 7/1, úmida e seca); areia; grãos simples, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- AE 14 – 28 cm; cinzento (10YR 5/1, úmida e seca); areia; grãos simples, solta não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- E 28 – 53 cm; cinzento-escuro (10YR 4,5/1, úmida) e bruno (7,5YR 5/2, seca); areia; grãos simples, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- EBh 53 – 80/90 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/1,5, úmido) e bruno (7,5YR 5/2, seca); areia; fraca média, blocos subangulares; muito friável; não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Bhm 80/90 – 94/101 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 2,5/2, úmida) e bruno-escuro (7,5YR 3/4, seca); areia-franca; forte, maciça; firme, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Bhsm 94/101 – 120 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmida) e bruno-forte (7,5YR 4/6, seca); franco-arenosa; forte, maciça; extremamente firme; não plástica e não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- Cx 120 – 130+ cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmida) e rosado (7,5YR 7/4, seca); argilo-arenosa; forte, média e grande, blocos subangulares; extremamente firme; não plástica e não pegajosa; transição descontínua e gradual.

RAÍZES: muitas e finas, no horizonte A; comuns e finas no horizonte AE; poucas e finas nos três horizontes seguintes não penetrando no Bh.

OBSERVAÇÃO: Minação de água no contato entre os horizontes EBh e Bh no perfil.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 2

DATA – 19/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESKg

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Área nº 635 da Empresa Aracruz Celulose S/A. Município de Alcobaça, BA, 17° 33' 27" S e 39° 36' 33" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira. Relevo plano com vegetação de Braquiaraão.

ALTITUDE – 106 metros.

LITOLOGIA – Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Pastagem natural.

CLIMA – Af da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira, Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 3 cm; preto (10YR 2/1, úmido) e cinzento muito escuro (10YR 3/1, seco); franco-arenosa; grãos simples; solta; não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

- AE1 3 – 11 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); areia; grãos simples; solta; não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- AE2 11 – 28 cm; cinzento-muito-escuro (10YR 3/1, úmido) e cinzento (10YR 5/1, seco); areia; grãos simples; solta; não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- E 28 – 70 cm; cinzento-claro (2,5Y 7/2, úmido) e branco (5Y 8/1, seco); areia; grãos simples; solta; não plástica e não pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- Bhsm 70 – 90 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 4/6, seco); franco-arenosa; forte, maciça; extremamente firme; não plástica e não pegajosa.

RAÍZES: muitas e finas nos horizontes A, AE1 e AE2; poucas e finas nos primeiros 15 cm do horizonte E.

OBSERVAÇÕES: Água suspensa no horizonte E causando desmoronamento do perfil por não penetrar no Bh. O horizonte Bhs quebrava com a picareta na forma de lascas paralelas à superfície.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 3

DATA – 20/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESKg

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – área nº 717 da Empresa Aracruz Celulose S/A, Alcobaça, BA, 17° 30' 4" S e 39° 30' 30" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira. Relevo plano com vegetação de Braquiária e capim Quicuiu.

ALTITUDE – 80 metros.

LITOLOGIA – Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não Rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Pastagem natural.

CLIMA – Af da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 16 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

E 16 – 68 cm; cinzento claro (2,5Y 7/2, úmido) e branco (5Y 8/1, seco); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

Bhg 68 – 71/90 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); areia-franca; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e abrupta.

Bhsm 71/90 cm +; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido) e bruno-forte (7,5YR 4/6, seco); areia; forte, maciça; extremamente firme, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES: comuns e finas no horizonte A.

OBSERVAÇÕES: minação de água no contato entre os horizontes E e Bhs, causando desmoronamento do horizonte E no perfil. Horizonte Bhs quebrado com a picareta.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 4

DATA – 21/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESKo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Talhão 8 da área nº 717 da Empresa Aracruz Celulose S/A, do lado esquerdo da estrada Teixeira de Freitas à Alcobaça, 22,5 km após o trevo. Município de Alcobaça, BA, a 50 metros de distância do perfil nº 4.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira na entrelinha de um plantio de eucalipto em situação de relevo suave ondulado.

ALTITUDE – 80 metros.

LITOLOGIA – Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano/Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Plano/Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Tropical Subperenifólia.

USO ATUAL – Plantio de Eucalipto.

CLIMA – Af da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 13 cm; cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido) e cinzento (10YR 5/1, seco); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara.

- E 25/59 – 65 cm; cinzento (7,5YR 6/1, úmido) e cinzento rosado (7,5YR 6/2, seco); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- Bhsm1 65 – 70 cm; cinzento (2,5YR 5/1, úmido) e vermelho-claro-acinzentado (2,5YR 6/3, seco); areia-franca; forte, maciça; muito firme; não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- Bhsm2 70 – 82 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido) e bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6, seco); areia-franca; forte, maciça; muito firme; não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.
- 2Bhs 170 – 190 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco); areia; forte, média/grande, blocos subangulares; extremamente firme, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e descontínua.
- Cx 160 cm; cinzento-claro (2,5Y 7/3, úmido) e amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/4, seco); franco-argilo-arenosa; forte, média/grande, blocos subangulares; extremamente firme, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES: Poucas e médias no horizonte A, Bhsm1 e Bhsm2. Raras e médias no horizonte E.

OBSERVAÇÕES: No fragipã há presença de radicelas e matéria orgânica do horizonte de sobrejacente. Presença de bolsão de material mais arenoso de 82 a 140 cm. Coloração mais escurecida no topo do horizonte Bhsm1.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 5

DATA – 21/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Humilúvico Órtico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – EKo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Talhão 13 da área nº 610 da Empresa Aracruz Celulose S/A. Na estrada que liga Posto da Mata à Argolo, entrada à direita a 8,1 km antes de Argolo, 17° 50' 14" S e 40° 3' 18" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira na entrelinha do plantio de eucalipto com muito mato-competição. Relevo plano de baixada.

ALTITUDE – 167 metros.

LITOLOGIA – Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL – Cultivo de eucalipto.

CLIMA – Am da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 8 cm; preto (10YR 2/1, úmido) com areia lavada e cinzento-muito-escuro (10YR 3/1, seco); areia-franca; grãos simples; fraca, média/grande, granular; muito friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.

A2 8 – 21 cm; preto (10YR 2/1, úmido) com areia lavada e cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); areia-franca; grãos simples; fraca, média/grande, granular; muito friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e difusa.

- A3 21 – 32 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); areia-franca; grãos simples; fraca, média/grande, granular; muito friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.
- Bh1 32 – 53 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1,5, úmido) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seco); franco-arenosa; forte, muito pequena/pequena, granular; muito friável; não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
- Bh2 53 – 85 cm; preto (10YR 2,5/1, úmido) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seco); franco-arenosa; forte, muito pequena/pequena, granular; muito friável; não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
- Bh3 85 – 111 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1,5, úmido) e cinzento escuro (10YR 4/1, seco); areia-franca; forte, muito pequena/pequena, granular; muito friável; não plástica e não pegajosa; transição plana e abrupta.
- BhsCx 111 – 114 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seco); média, grande, blocos subangulares; friável; não plástica e não pegajosa; transição sinuosa e clara.
- Cx1 114 – 134 cm; bruno-oliváceo claro (2,5Y 5/6, úmido) com mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/6), bruno forte (7,5YR 5/6) e amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/4, seco) com mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/8); franco-argilo-arenosa; moderada, grande, blocos subangulares; muito friável; não plástico e não pegajoso; fracamente cimentado; transição plana e clara.
- Cx2 134 – 155+ cm; bruno-oliváceo claro (2,5Y 5/4, úmido) e cinzento claro (2,5Y 7/2, seco); franco-argilo-arenosa; moderada, grande, blocos subangulares; muito friável; não plástico e não pegajoso; fracamente cimentado.

RAÍZES: Muitas e finas nos horizontes A1 e A2. Comuns e finas e poucas e médias nos demais horizontes.

OBSERVAÇÕES: Presença de mosqueado difuso de radículas e material do horizonte sobrejacente preenchendo pequenos canais no horizonte Cx1.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 6

DATA – 22/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Humilúvico Órtico Argilúvico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – EKot

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Área 610 da Empresa Aracruz Celulose S/A. Município de Nova Viçosa, BA, 17° 34' 30" S e 39° 27' 37" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira na entrelinha do plantio de eucalipto. Relevo plano.

ALTITUDE – 180 metros.

LITOLOGIA – Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo Barreiras.

CRONOLOGIA – Pleistoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos argilo-arenosos pliocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL – Cultivo de eucalipto.

CLIMA – Am da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 – 21 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); franco-arenosa; grãos simples e moderada, média, granular; muito friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- A2 21 – 46 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, seco); franco-argilo-arenosa; fraca, média, blocos subangulares; friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- Bhs 46 – 83 cm; bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco); franco-argilo-arenosa; fraca, média, blocos subangulares; friável; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.
- Placa plácica 83 – 95 cm; bruno-amarelado escuro (10YR 4/6, úmido) com mosqueado vermelho-amarelado (5YR 5/8) e amarelo-brunado (10YR 6/6, seco); franco-argilo-arenosa; muito friável; não plástico e ligeiramente pegajoso; fracamente cimentado; transição sinuosa e clara.
- 2Bt 120 – 150 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e bruno-amarelado claro (10YR 6/4, seco); argila; forte, média/grande, blocos subangulares; firme; plástico e pegajoso; transição sinuosa e clara.

RAÍZES: Poucas, finas e médias no horizonte A1. Raras e médias nos horizontes A2 e A3.

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 7

DATA – 23/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Ferrilúvico Órtico arênico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESo

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Área nº 46 da Empresa Aracruz Celulose S/A, município de Nova Viçosa, BA, 17° 59' 41" S e 39° 29' 40" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira. Local de relevo plano, próximo ao mar, com vegetação florestal de restinga de porte aproximado entre 10 a 12 metros.

ALTITUDE – 14 metros

LITOLOGIA – Sedimentos marinhos - Areia Quartzosa

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Quaternário-Holoceno

CRONOLOGIA – Holoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos areno-quartzosos holocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta de restinga

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Af da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 4 – 0 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3, seco); areia e fibra; grãos simples e forte pequena granular; solta; não plástico e não pegajoso; transição sinuosa e clara.

- A 0 – 26 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido) e bruno (7,5YR 5/2, seco); areia; grãos simples; solta não plástico e não pegajoso; transição sinuosa e gradual.
- E 45 – 68/80 cm; bruno escuro (7,5YR 4/2, úmido) e bruno (7,5YR 5/2, seco); areia; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso; transição sinuosa e gradual.
- Bs1 68/80 – 110 cm; bruno escuro (7,5YR 4/3, úmido) e cinzento rosado (7,5YR 6/3, seco); areia; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso; transição sinuosa e gradual.
- Bs2 110 – 150+ cm; bruno escuro (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); areia; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso.

RAÍZES: Muitas e finas no horizonte A. Comuns, médias grossas na transição do A para o EA.

OBSERVAÇÕES: Presença de muita areia lavada na transição do O para o A

A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 8

DATA – 23/04/2005.

CLASSIFICAÇÃO – Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico dúrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – ESKg

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Local próximo à área 13 H, talhão 16 da Bahia Sul Celulose S/A. Município de Nova Viçosa, BA, 17° 56' 36" S e 39° 33' 9" W.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em trincheira situada próximo a um dreno (em construção) em local plano com eucalipto novo e restos do cultivo anterior (galhos e cascas).

ALTITUDE – 34 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos marinhos. Areia Quartzosa.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Quaternário-Holoceno.

CRONOLOGIA – Holoceno.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos areno-quartzosos holocênicos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano/suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Muito mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta hidrófila de restinga.

USO ATUAL – Cultivo de eucalipto.

CLIMA – Am da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – João Carlos Ker, Aline Pacobahyba de Oliveira e Edson Alves de Araújo.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 15 cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); areia-franca; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso; transição plana e clara.

E 25 – 40 cm; bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido) e cinzento (10YR 6/1, seco); areia; grãos simples; solta; não plástico e não pegajoso; transição plana e abrupta.

Bhsm 40+ cm; bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3, úmido) e bruno-amarelado escuro (10YR 4/4); areia; forte, maciça; extremamente firme; fortemente cimentado, não plástico e não pegajoso.

RAÍZES: Muitas, médias e finas nos horizontes A e E.

OBSERVAÇÕES: Material espódico coletado dentro de um dreno quebrado com uma retro-escavadeira. Presença de restos culturais de eucalipto de plantio anterior.

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $H + Al$ e pH em H_2O .

Horizonte	Al^+	H^+	$H + Al$	pH H_2O	CO
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				dag kg ⁻¹
Perfil 64 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A	0,40	0,09	0,49	5,30	0,39
E	0,12	0,09	0,21	5,80	0,24
Bh	4,00	17,28	21,28	4,10	3,84
2C1	3,20	9,67	12,87	4,40	1,68
2C2	2,40	2,71	5,11	4,30	0,53
Perfil 67 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico					
A	0,60	1,87	2,47	5,00	1,09
E	0,00	0,20	0,20	5,60	0,81
Bh	1,40	3,38	4,78	4,00	0,77
Bhs	1,20	3,09	4,29	4,70	0,67
BRASIL (1975)					
Perfil 30 - Espodossolo Hidromórfico					
A	3,00	7,72	10,72	4,00	1,93
E1	0,80	2,17	2,97	4,70	0,49
E2	0,60	1,21	1,81	4,70	0,30
Bhs	3,00	9,21	12,21	4,70	1,33
Perfil 41 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico					
O	7,20	71,50	78,70	3,50	16,53
E	1,00	2,63	3,63	5,00	0,82
Bhs	2,60	11,59	14,19	4,80	3,14
BRASIL (1976)					
Perfil 36 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A1	9,80	82,43	92,23	3,40	16,79
A2	1,60	5,00	6,60	4,50	1,42
E1	0,00	0,00	0,00	4,80	0,11
E2	0,00	0,00	0,00	5,10	0,11
Bh	2,40	6,01	8,41	4,10	1,08
Perfil 22 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico					
O	-	-	-	-	> 20,00
A	0,30	29,49	29,79	3,80	16,50
E	0,10	0,80	0,90	4,70	0,20
Bhs1	0,80	4,61	5,41	4,10	0,60
C	1,30	3,50	4,80	5,10	0,50
Perfil 27 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A	0,00	26,49	26,49	4,40	13,10
E	0,00	0,22	0,22	5,40	0,20
Bh1	0,90	1,38	2,28	5,40	0,50
Bh2	0,70	1,55	2,25	5,60	0,50
C	0,00	0,10	0,10	6,40	0,03
BRASIL (1977a)					

Continua

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $H + Al$ e pH em H_2O . (Continuação).

Horizonte	Al^+	H^+	$H + Al$	pH H_2O	CO
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				dag kg ⁻¹
Perfil 3 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico					
A1	0,27	4,83	5,10	4,30	1,60
A2	0,12	1,64	1,76	4,10	0,60
E	0,06	0,94	1,00	3,90	0,20
Bhs	1,40	6,10	7,50	4,20	1,40
Perfil 23 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
O	5,20	39,90	45,10	3,70	11,82
A	0,90	4,30	5,20	4,10	1,55
E	0,10	0,40	0,50	4,70	0,04
Bh	3,60	10,40	14,00	4,40	2,32
Perfil 27 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A	1,40	7,20	8,60	4,20	3,35
E	0,00	0,00	0,00	4,60	0,16
Bh	2,80	9,30	12,10	3,80	2,03
BRASIL (1977b)					
Perfil 11 - Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A	0,30	26,99	27,29	5,00	6,30
E	0,20	0,88	1,08	5,50	0,10
Bh	1,00	7,95	8,95	5,20	2,20
Perfil 99 - Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico					
A	0,21	0,90	1,11	3,70	1,20
E1	0,10	0,51	0,61	4,30	0,20
E2	0,10	0,50	0,60	4,40	0,20
Bhs	2,48	2,99	5,47	3,50	1,50
BRASIL (1978)					

Continua

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $H + Al$ e pH em H_2O . (Continuação).

Horizonte	Al^+	H^+	$H + Al$	pH H_2O	CO
	----- $cmol_c\ dm^{-3}$ -----				$dag\ kg^{-1}$
Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
Ap	0,80	5,43	6,23	4,70	2,77
E	0,00	0,10	0,10	5,03	0,18
Bh	0,23	0,60	0,83	4,44	0,27
Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
A1	0,13	0,57	0,70	4,82	0,66
E	0,00	0,10	0,10	5,34	0,19
Bh	4,07	11,26	15,33	4,00	6,94
Espodossolo Humilúvico Hidromórfico					
O3	4,33	22,97	27,30	3,69	11,37
A1	0,57	2,67	3,24	4,30	1,15
E	0,00	0,10	0,10	5,17	0,14
Bh	3,90	11,03	14,93	4,18	4,87
Espodossolo Ferrihumilúvico					
Ap	0,00	0,13	0,13	6,62	0,88
E	0,00	0,10	0,10	6,84	0,06
EBhs1	0,00	0,10	0,10	6,75	0,06
Bhs1	0,00	0,87	0,87	6,45	0,30
Bhs2	0,00	0,20	0,20	6,36	0,25
C1	0,00	0,10	0,10	5,88	0,12
Espodossolo Ferrihumilúvico					
A1	0,07	0,90	0,97	5,43	1,97
E	0,00	0,10	0,10	5,42	0,12
Ebhs	0,03	0,44	0,47	5,05	0,35
Bhsx	0,23	1,50	1,73	5,38	0,83

GOMES (1995)

Espodossolo Ferrilúvico					
Ap	1,60	11,70	13,30	5,70	5,10
E	1,80	13,20	15,00	5,50	2,00
Bh	2,10	14,60	16,70	5,60	2,30
Bs1	2,20	9,50	11,70	5,50	1,40
Bs2	1,00	7,30	8,30	5,80	1,00
Espodossolo Ferrihumilúvico					
Ap	0,60	19,40	20,00	5,50	9,00
AE	1,00	17,30	18,30	5,40	3,90
Bhs	2,20	17,10	19,30	5,10	2,70
Bs	1,10	8,20	9,30	5,70	1,20

MOURA FILHO (1998)

Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico dúrico					
A1	0,90	7,90	4,70	3,80	3,30
E	1,44	8,50	6,04	4,60	1,40
Bhs	3,07	21,40	7,17	4,10	3,70
Bs	1,16	6,61	5,76	4,60	0,90
2A	0,16	0,93	4,96	4,80	0,70
2AE	0,84	3,98	5,24	4,40	0,60
2Bh	5,38	29,30	9,38	4,00	5,10

MOREAU (2001)

Continua

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $H + Al$ e pH em H_2O . (Continuação).

Horizonte	Al^+	H^+	$H + Al$	pH H_2O	CO
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				dag kg ⁻¹
Espodossolo Ferrihumilúvico					
A1	0,96	2,38	6,46	5,50	1,36
A2	0,76	1,49	4,96	4,20	0,56
A3	0,57	1,07	5,27	4,70	0,35
AE	0,48	0,77	5,18	4,70	0,23
E	0,53	0,84	5,33	4,80	0,24
Bhs1	0,66	2,24	5,46	4,80	0,40
Bhs2	0,46	1,96	5,46	5,00	0,32
Bhs3	0,44	1,58	5,34	4,90	0,27
Bhs4	0,46	1,12	5,16	4,70	0,22
Bc	0,19	0,75	5,19	5,00	0,16
C1	0,27	0,25	5,17	4,90	0,07
Espodossolo Ferrihumilúvico					
Ap	0,10	0,51	4,90	4,80	0,22
A2	0,22	0,53	4,72	4,50	0,14
A3	0,27	0,45	5,17	4,90	0,14
EA	0,13	0,21	5,33	5,20	0,03
EA	0,09	0,23	5,59	5,50	
Bhs	0,23	1,60	5,63	5,40	0,24
GOMES (2002)					
Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico argilúvico					
Ap	1,20	7,10	8,30	4,70	1,18
AE	0,96	6,34	7,30	4,70	0,94
E	0,72	4,28	5,00	4,80	0,94
Bh	0,60	3,70	4,30	4,80	0,59
Bhs	0,56	3,24	3,80	4,80	0,59
Bs	0,48	2,92	3,40	4,80	0,47
2Bt1	0,36	2,24	2,60	4,90	0,41
2Bt2	0,36	0,94	1,30	5,00	0,35
Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico					
Ap	1,44	8,96	10,40	4,40	1,35
E	0,96	8,44	9,40	4,50	0,94
Bh	0,84	7,86	8,70	4,50	0,94
Bhs1	0,72	4,18	4,90	4,60	0,76
Bhs2	0,36	4,04	4,40	4,80	0,71
2Chxf1	0,24	3,96	4,20	4,80	0,65
2Cxf2	0,12	0,88	1,00	5,10	0,35
CORRÊA (2005)					

Continua

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $H + Al$ e pH em H_2O . (Continuação).

Horizonte	Al^+	H^+	$H + Al$	pH H_2O	CO
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				dag kg ⁻¹
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico arênico					
A	4,70	4,20	8,90	4,70	1,64
AE	0,80	0,50	1,30	4,60	0,29
E1	0,40	0,30	0,70	4,80	0,08
E2	0,00	0,00	0,00	5,00	0,03
Bhs1	16,70	13,60	30,30	4,20	2,86
Bhsj2	9,10	6,20	15,30	3,40	1,71
Bhsj3	8,50	5,90	14,40	3,40	0,90
Bhsj4	2,80	2,70	5,50	2,90	0,70
Bhsj5	2,00	2,00	4,00	2,80	0,50
Bhsj6	2,40	3,60	6,00	2,90	1,01
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico hístico					
Ho	63,10	60,50	123,60	4,20	4,20
Hd	31,60	28,30	59,90	3,80	3,80
E1	2,10	1,60	3,70	4,20	4,20
E2	4,10	3,30	7,40	4,00	4,00
Bhsj1	7,30	3,20	10,50	3,30	3,30
Bhsj2	8,80	4,40	13,20	3,40	3,40
2Cgj	6,30	2,10	8,40	3,20	3,20
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico hístico					
Ho	51,50	50,60	102,10	4,10	4,10
A	3,50	3,30	6,80	4,20	4,20
E	2,20	1,90	4,10	4,20	4,20
Bhsj1	8,20	4,10	12,30	2,80	2,80
Bhsmj2	14,00	7,30	21,30	3,10	3,10
2Cgj	3,40	1,80	5,20	3,90	3,90
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico hístico					
Ho	62,90	59,10	122,00	3,80	3,80
Hd	52,60	49,70	102,30	4,00	4,00
E	1,30	1,10	2,40	4,30	4,30
Bhsj1	13,30	10,00	23,30	3,30	3,30
Bhsj2	9,10	6,10	15,20	3,20	3,20
Bhsj3	8,00	4,30	12,30	3,30	3,30
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico típico					
A	13,80	12,60	26,40	4,10	4,10
AE	2,60	2,10	4,70	4,10	4,10
E	1,20	0,80	2,00	3,90	3,90
Bhs1	7,90	6,30	14,20	4,10	4,10
Bhsj2	13,70	8,60	22,30	3,00	3,00
Bhsj3	28,90	10,00	38,90	2,40	2,40
2Cgj1	30,00	10,00	40,00	3,00	3,00
2Cgj2	24,10	8,90	33,00	2,90	2,90

GOMES (2005)

Continua

Dados utilizados nos cálculos das correlações entre os teores de carbono orgânico (CO) e Al^{3+} , H^+ , $\text{H} + \text{Al}$ e pH em H_2O . (Continuação).

Horizonte	Al^+	H^+	$\text{H} + \text{Al}$	pH H_2O	CO
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----				dag kg^{-1}
	Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico típico				
A	8,50	7,70	16,20	4,30	4,30
AE	2,20	2,10	4,30	4,30	4,30
E	0,60	0,60	1,20	5,00	5,00
Bhs1	19,60	15,40	35,00	4,00	4,00
Bhs2	33,40	27,40	60,80	4,00	4,00
Bhs3	10,10	8,70	18,80	4,80	4,80
Bs1	5,00	4,30	9,30	4,80	4,80
Bs2	4,40	3,60	8,00	5,00	5,00
Bs3	3,60	3,20	6,80	4,60	4,60
Bs4	0,80	0,70	1,50	4,00	4,00
C	0,70	1,30	2,00	4,20	4,20

GOMES (2005)