

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS ALTIMONTANOS EM DOIS TRANSECTOS NO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA (MG)⁽¹⁾

H. C. T. DIAS⁽²⁾, C. E. G. R. SCHAEFER⁽³⁾, E. I. FERNANDES FILHO⁽³⁾,
A. P. OLIVEIRA⁽⁴⁾, R. F. M. MICHEL⁽⁴⁾ & J. B. LEMOS JR.⁽⁴⁾

RESUMO

Pouco se conhece sobre a diversidade de solos em ambientes altimontanos do Brasil apesar da acentuada valorização ecoturística atual. Foram estudados atributos químicos, físicos, mineralógicos e micromorfológicos de dez perfis de solos altimontanos em dois transectos do domínio quartzítico do Parque Estadual do Ibitipoca, em MG, relacionando-os com a pedogênese nos diferentes pedoambientes. Nesse local, a formação dos solos é mais influenciada por elementos lito-estruturais (presença de rochas xistosas ou quartzíticas, falhas e fraturas) do que por variações topográficas. Os solos estudados são álicos, com saturação por Al superior a 60 % em superfície, eletronegativos e com acentuado distrofismo. A CTC é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos. Os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas de Fe, comuns em complexos rupestres de altitude, onde o acúmulo de carbono orgânico inibe a cristalização de óxidos de Fe ou Al. Os solos são cauliniticos, inclusive o Espodossolo Ferrocárbico, e alguns perfis evidenciam a ocorrência de minerais 2:1 do grupo das ilitas/micas e vermiculitas com hidróxi-entrecamadas (VHE), denotando a resistência desses minerais em condições de acentuado intemperismo de micas, presentes no quartzito. Análises micromorfológicas do Espodossolo mostram feições típicas do processo de podzolização: predomínio de grãos minerais quartzosos entremeados de fragmentos polimórficos de matéria orgânica em superfície, microestrutura em grãos simples com recobrimentos em Bh e Bs. Observou-se a presença de "ortstein" no horizonte espódico (Bs), formado por material organomineral ou mineral, monomórfico e fraturado, com Al, Si e Fe amorfos, co-precipitados. As feições micropedológicas do Bs são semelhantes às de horizontes plácicos, com duas gerações de deposição ferruginosa: uma mais avermelhada (ferridrita-hematita) e outra xantizada (goethita). O plasma intergranular do horizonte espódico apresenta zonas

⁽¹⁾ Recebido para publicação em janeiro de 2002 e aprovado em março de 2003.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).
E-mail: herly@solos.ufv.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. Bolsista do CNPq. E-mails: carlos.schaefer@solos.ufv.br; elpidio@ufv.br

⁽⁴⁾ Bolsista Iniciação Científica CNPq, Departamento de Solos, UFV.

plásmicas diferenciadas, uma mais aluminosa, de composição caulínica, e outra mais ferruginosa, rica em sílica, revelando uma participação de sílica coloidal amorfa na cimentação dos “ortstein” (ou horizontes plácicos) em associação ao cimento ferruginoso, no Espodosolo.

Termos de indexação: pedogênese, quartzito, matéria orgânica, Podzóis, campos ruprestres, horizonte espódico.

SUMMARY: *CHARACTERIZATION OF HIGHLAND SOILS ALONG TWO TRANSECTS IN THE IBITIPOCA STATE PARK, MINAS GERAIS STATE*

Little is known about the soil diversity of Brazilian highland regions, despite their recent upgrading in view of the ecotouristic potential of some areas. Chemical, mineralogical and micromorphological attributes of ten soil profiles along two transects in the quartzitic domains of the Ibitipoca State Park, Minas Gerais State, Brazil, were studied in relation to their pedogenesis. At local level, soil formation is more closely associated with litho-structural elements (lithology, faults and fractures), than with topographical variations. The soils are Al-saturated (> 60% at the surface), negatively charged, and markedly dystrophic. The existing CEC is almost entirely attributable to the organic matter contribution, in view of the very low clay fraction activity. Results revealed the marked presence of low crystallinity Fe-forms, commonly found in high altitude vegetation, where organic matter accumulation inhibits Fe and Al oxide crystallization. All soils are kaolinitic, even the ferrocarbic Spodosol, and some contain 2:1 clays such as illite and hydroxy-interlayered vermiculite, indicating their resistance to weathering under the present pedoenvironmental conditions. Micromorphological analyses of the Spodosol presented typical features of a podzolization process: predominant quartz grain interbedded between polymorphic organic matter aggregates at the surface, single grain structure and presence of “ortstein” in the spodic horizon (Bs), formed by organic-mineral and mineral materials, monomorphic and fractured, with co-precipitated amorphous Al, Si and Fe. The micropedological features of the spodic Bs are similar to those of the “placic” horizon, with two depositional ferruginous covers; one reddish-brown (ferridrite and hematite) and the other yellowish (goethite). The intergranular plasma of the spodic horizon comprises two different plasmic zones: one of kaolinitic composition with a higher aluminium content, and a ferruginous one, richer in silica, suggesting an amorphous silica participation in the Fe-cemented ortstein (or placic) horizon of the Spodosol.

Index terms: pedogenesis, quartzite, organic-rich soils, Podzols, high altitude fields, spodic horizons.

INTRODUÇÃO

Os estudos de solos como interface da biosfera com o meio físico podem prover valiosas informações sobre a constituição e dinâmica das paisagens. Além do cunho científico, os estudos de solos em áreas com acentuada valorização paisagística e eco-turística permitem uma boa estratificação de ambientes, que pode subsidiar o manejo de áreas protegidas. Os ambientes de alta montanha em Minas Gerais caracterizam-se por grande diversidade de habitat, acesso difícil e fragilidade ambiental. São consideradas áreas de grande valor ecológico, com ocorrência de diversas zonas de vegetação. Cada uma dessas zonas apresenta peculiaridades ecológicas e pedológicas que regulam o funcionamento do ecossistema, a evolução e a sobrevivência das espécies (Denniston, 1995).

O Parque Estadual do Ibitipoca é uma área de preservação permanente com características ambientais singulares entre os ambientes altimontanos de MG. Alguns estudos gerais sobre os solos do Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) podem ser encontrados na literatura. Para Andrade et al. (1984), dominam Neossolos originados de rochas quartzíticas, muito rasos e cobertos por vegetação de pequeno porte, com exceção das zonas de fraturas intensas, onde os mantos de alteração são mais profundos, favorecendo vegetação de maior porte. Rocha (1997), estudando, em caráter geral, seqüências de solos na área leste do parque, observou diferenças no que diz respeito ao material de origem e às características texturais dos solos, que mostraram elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions e pobreza em nutrientes.

Em trabalhos de reconhecimento de solos no Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), os autores do

presente trabalho observaram uma notável diversidade pedológica, com forte controle litostруктурал sobre a distribuição dos solos. Foram relacionados Neossolos, Cambissolos, solos com características latossólicas, Organossolos e, destacadamente, Espodossolos (Podzóis) ou solos com evidências de podzolização (Dias et al., 2002).

Nas condições brasileiras, dentre os solos altimontanos mais comuns, os Espodossolos são caracterizados por migrações de complexos de ferro e alumínio, constituindo fenômeno comum em horizontes subsuperficiais ácidos, tanto em materiais quartzíticos (Campos et al., 1997) quanto em rochas graníticas (Benites et al., 2001). Em regiões mais frias e úmidas, a taxa de decomposição da liteira é menor que a produção, ocasionando acúmulo de material orgânico sobre a superfície do solo, com capacidade de complexar e remover Fe e Al do sistema, formando horizontes eluviais, álbicos, sobrepostos a horizontes espódicos, iluviais, caracterizando o processo pedogenético de podzolização (Sentius, 1958) ou espodização (EMBRAPA, 1999).

O objetivo deste trabalho foi estudar os atributos químicos, físicos, mineralógicos e micropedológicos em solos altimontanos representativos do Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) e relacioná-los com a pedogênese, em dois transectos que evidenciam as variações topográficas e litológicas do PEI. As informações obtidas poderão subsidiar o manejo ambiental do parque e prover informações úteis sobre a gênese de solos altimontanos do sudeste brasileiro.

ÁREA DE ESTUDO E MÉTODOS

O Parque Estadual do Ibitipoca está situado no distrito de Conceição do Ibitipoca, no município de Lima Duarte, sudeste de Minas Gerais, entre as coordenadas 21° 40' - 21° 44' S e 43° 52' - 43° 55' WGr., abrangendo 1.488 ha da Serra do Ibitipoca, com cotas altimétricas que variam de 1.050 m a 1.784 m (Feio, 1990; Fontes, 1997). O Parque abrange área de intensa visitação turística, pelas paisagens peculiares que apresenta. A Serra do Ibitipoca é parte isolada da Mantiqueira Mineira (CETEC, 1983), localmente dominada por uma geologia de quartzitos sacaroidais grosseiros com muscovita, intercalações de quartzitos finos micáceos e biotita-xistos, pertencentes ao grupo Andrelândia (Corrêa Neto et al., 1993).

Foram selecionados, descritos e amostrados 10 perfis de solos mais representativos do PEI, distribuídos em dois transectos em diferentes ambientes, desde o pico do Ibitipoca até o Rio do Salto, abrangendo as bordas leste e oeste do PEI. Em cada perfil foram coletadas amostras compostas

para análises químicas e físicas em todos os horizontes pedogenéticos.

Em virtude da natureza arenosa, não foram realizadas descrições morfológicas completas da estrutura, com predomínio de grãos simples. As análises químicas e físicas foram feitas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Com exceção da análise de carbono total, que seguiu o método de Yeomans & Bremner (1988), todas as demais seguiram os métodos da EMBRAPA (1997).

Amostras de argila natural de alguns horizontes selecionados, obtidas por sedimentação após dispersão com NaOH, foram avaliadas qualitativamente por difratometria de raios-X, rodadas entre 4 e 40° 2 θ , em difratômetro com tubo de ferro e filtro de manganês.

Foram realizadas extrações de Fe na terra fina seca ao ar com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, para quantificação do teor de óxidos de ferro livres (Mehra & Jackson, 1960), e com oxalato ácido de amônio 0,2 mol L⁻¹, pH 3,0, no escuro (McKeague & Day, 1966), para quantificação de formas de ferro amorfo; a relação Fe_{DCB}/Fe_{OXA} foi calculada a partir dos teores de Fe₂O₃ determinados nos extratos por absorção atômica.

Análises micromorfológicas

Para as análises micromorfológicas, amostras indeformadas de solos foram coletadas em caixas de Kubiena, sendo, posteriormente, impregnadas com resina e confeccionadas lâminas polidas (seções-finas) nas dimensões de 3 x 6 cm, analisadas em microscópio petrográfico. As lâminas foram descritas conforme as recomendações de Fitzpatrick (1993) com ênfase na microestrutura, observações sobre feições micropedológicas e atividade biológica.

Microanálises em seções finas

Seções finas selecionadas, previamente estudadas em microscópio petrográfico com polimento manual, foram preparadas para microanálise em microscopia eletrônica de varredura. Amostras de 2,0 x 2,5 cm foram polidas sucessivamente em disco de nylon com pasta de diamante, desde 60, 6, 3 até 1 μ . Após lavagem ultra-sônica final para remoção de resíduos do polimento, as seções finas foram recobertas com filme condutor de carbono e montadas em suporte metálico.

As lâminas foram subsequentemente analisadas e fotografadas em microscópio eletrônico de varredura, modelo JEOL JSM 6400, com detector de *backscattering* e acoplado a espectrômetro de dispersão de raios-X (PCXA-EDS), do Centro de Microscopia e Microquímica, da Universidade de Western Austrália. Foram realizados exames microquímicos das feições selecionadas, com ênfase no plasma organomineral e mineral dos horizontes

Bs e Bhs. As análises microquímicas foram realizadas com voltagem de 15 kV, 5 A e a 39 mm de distância de trabalho (detector-superfície). A cada troca de amostras, o PCXA-EDS foi recalibrado com padrão de cobre.

Foi elaborado um menu de elementos para análise quantitativa em EDS. Foram obtidos mapas microquímicos das áreas selecionadas, para os principais elementos presentes (Si, Al, Fe e Ti), e, após a identificação de feições pedológicas com características químicas distintas, procedeu-se à análise dessas feições em magnificação elevada, obtendo-se espectros quantitativos de EDS, gravados em computador. Todas as feições foram analisadas em três repetições, mapeadas e fotografadas em imagens de retroespalhamento de elétrons (*backscattering*) para visualização da sua morfologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição dos solos na paisagem

Na figura 1, estão ilustrados os principais elementos lito-estruturais e geomorfológicos dos perfis estudados, ao longo dos transectos. De modo geral, a pedogênese no PEI é marcadamente influenciada pelos controles geológicos (por exemplo, com solos mais profundos associados aos xistos ou bolsões arenosos em patamares) e estruturais (presença de falhas ou fraturas condicionando maior intemperismo e drenagem; vales suspensos mantidos por soleiras quartzíticas). Variações pedológicas associadas a toposequências não são características do PEI, pelo forte condicionamento estrutural da paisagem (Dias et al., 2002). Fluxos

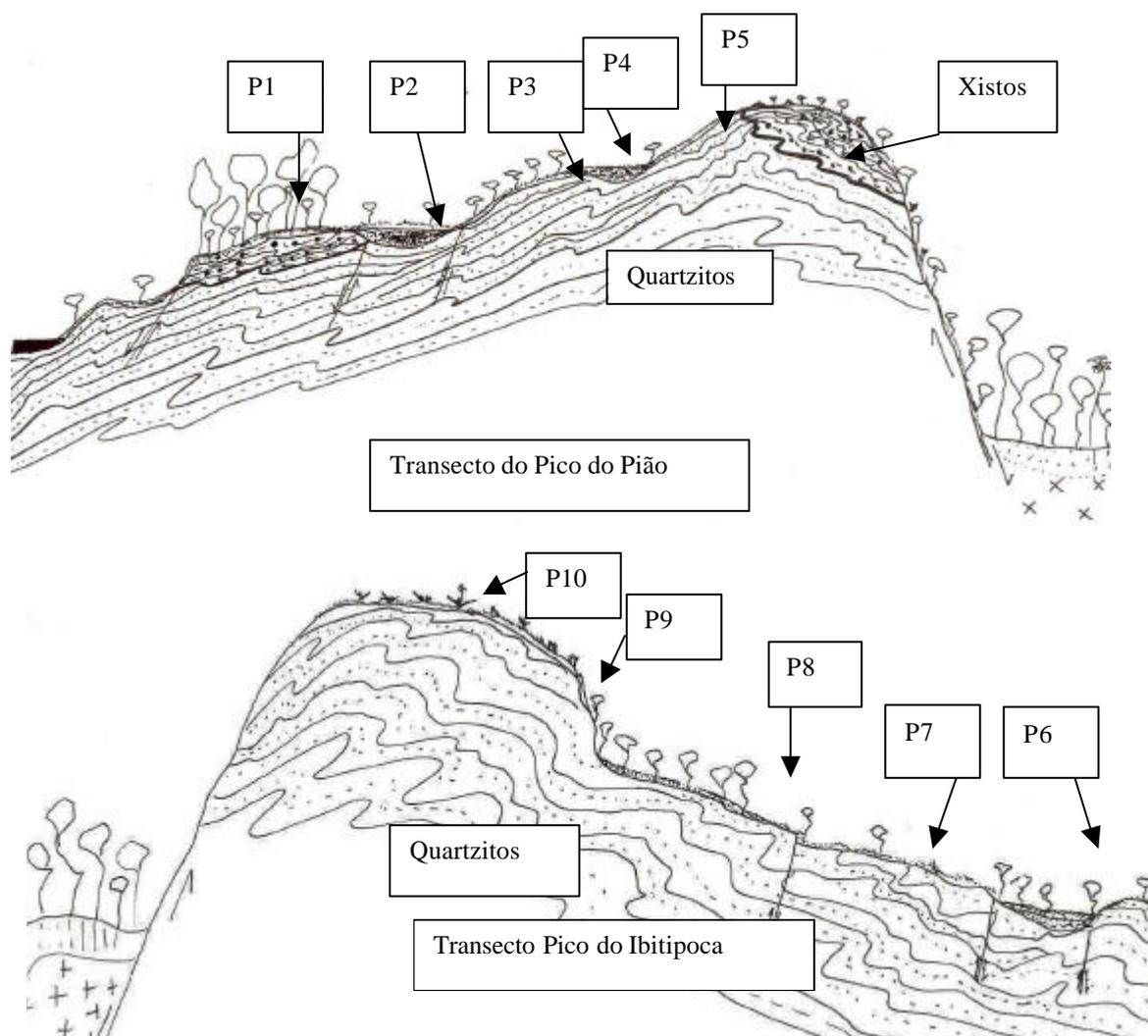


Figura 1. Corte esquemático dos dois transectos de solos estudados (perfis P1 a P10), ilustrando as principais feições da geologia e geomorfologia do Parque Estadual do Ibitipoca. A direção da xistosidade e das falhas são aproximadas. O eixo vertical da figura mede aproximadamente 500 m, e o eixo horizontal 2.000 m

laterais em microambientes mais arenosos e intemperizados, áreas de coluvionamento de materiais argilo-arenosos, erosão e acumulação ocorrem de forma esparsa, igualmente controlados pela estrutura. A própria cobertura vegetal parece refletir mais diretamente a conformação lito-estrutural. Há predomínio de solos rasos e pouco desenvolvidos (Neossolos e Cambissolos), mas ocorrem bolsões descontínuos de Espodosolos (P3, P4) ou Neossolos quartzarênicos mais profundos (P8) em áreas de acumulação.

Atributos químicos e físicos dos solos

Todos os solos estudados são álicos, com valores de saturação por Al³⁺ superiores a 60 % no horizonte A, eletronegativos, e com acentuado distrofismo (Quadros 1 e 2). O pH em água corrobora a natureza ácida dos solos - valores na faixa de 3,5 a 4,2 no A1, indicando uma acentuada remoção de bases pelo

intemperismo mineral, agravado pela acidez orgânica. A CTC é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos.

Os elevados teores de carbono mostram que as condições pedoambientais não são favoráveis à decomposição de MO, sobretudo pela baixa produção de biomassa vegetal (excetuando o perfil do Cambissolo sob Mata Densa, P1). Mesmo o Argissolo Amarelo distrófico (P5) apresenta horizonte A húmico, atípico para esta classe de solo. Além da baixa disponibilidade de nutrientes, as temperaturas relativamente baixas (média mínima de 2,0 °C no inverno) devem ser fatores condicionantes do reduzido metabolismo microbiano. A toxidez de alumínio contribui ainda mais para limitar a atividade microbiana. Além do efeito biotóxico, a formação de complexos estáveis de Al-MO torna a MO mais resistente à oxidação, preservando-a, como

Quadro 1. Características químicas dos perfis selecionados no transecto 1, Pico do Pião, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG)

Horizonte	Prof.	pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H								
		cm			cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		-cmol _c dm ⁻³		%			
P1 - Cambissolo Húmico distrófico latossólico																		
Oo	20-10	3,1	2,6	-0,5	0,2	0,3	0,34	2,70	3,40	29,4	20,4	6,1	35,5	2,5	80,2	52,2	1,68	31
Od	10-0	3,6	3,1	-0,5	0,0	0,1	0,16	0,52	3,80	22,9	8,5	4,3	27,0	1,0	93,6	11,8	0,55	21
A	0-20	4,1	3,9	-0,2	0,0	0,1	0,08	0,20	1,40	9,7	1,9	1,6	11,3	1,6	88,6	4,7	0,19	24
Bi	20-60+	4,4	4,2	-0,2	0,0	0,0	0,01	0,25	0,50	5,8	0,6	0,7	6,3	0,2	98,0	1,8	0,07	25
P2 - Cambissolo Háptico Tb distrófico típico																		
O	10-0	5,2	3,6	-1,6	3,1	0,8	0,21	4,11	0,6	5,8	4,7	4,7	10,5	24,9	12,7	18,6	0,49	38
A	0-7	4,2	4,0	-0,2	0,1	0,1	0,07	0,27	1,00	5,9	0,9	1,3	7,2	3,8	88,7	2,4	0,13	18
AB	7-18	4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,04	0,04	0,40	3,7	0,4	0,4	4,1	1,0	90,9	1,5	0,07	21
Bi	18-37	4,9	4,5	-0,4	0,2	0,0	0,03	0,23	0,10	3,4	0,4	0,3	3,7	6,2	30,3	1,2	0,06	20
BC	37-60	5,1	5,3	0,2	0,0	0,0	0,01	0,01	0,00	1,5	0,4	0,0	1,5	0,7	0,0	0,5	0,02	25
Cr	60-120+	4,8	4,4	-0,4	1,2	0,0	0,19	1,39	0,30	2,0	0,4	1,7	3,7	37,7	17,8	0,5	0,01	50
P3 - Espodosolo Ferrocárbico órtico dúrico																		
A1	0-5	3,6	3,3	-0,3	1,6	0,1	0,20	1,90	2,6	14,9	6,1	4,5	19,4	9,8	60,0	7,0	0,36	19
A2	5-10	3,7	3,6	-0,1	0,1	0,1	0,08	0,28	2,0	8,1	6,9	2,3	10,4	2,7	87,7	3,2	0,17	18
E	10-20	3,7	3,7	0,0	0,1	0,1	0,07	0,27	1,8	8,8	4,7	2,1	10,4	2,5	87,0	3,0	0,15	20
Bh	20-70	3,6	3,9	0,3	0,0	0,0	0,05	0,05	1,9	9,8	2,7	2,0	11,8	0,4	97,4	3,4	0,15	22
Bs1	70-88	4,4	4,2	-0,2	0,1	0,0	0,03	0,13	0,8	4,3	0,6	0,9	5,2	2,5	86,0	1,0	0,04	25
Bs2	88-90	4,3	4,2	-0,1	0,1	0,0	0,00	0,10	0,8	6,6	2,1	0,9	7,5	1,3	88,9	1,1	0,04	27
Bs3	90-130+	4,7	4,3	-0,4	0,1	0,0	0,01	0,11	0,6	2,5	2,1	0,7	3,2	3,4	84,5	0,7	0,03	23
P4 - Espodosolo Cárbico hidromórfico típico																		
A1	0-5	3,9	3,1	-0,8	0,1	0,3	0,18	0,58	2,28	18,1	20,4	2,5	20,6	2,9	76,0	7,3	0,13	56
A2	5-15	3,5	2,9	-0,6	0,4	0,1	0,17	0,68	2,20	13,3	14,6	2,9	16,2	4,2	76,4	4,5	0,28	20
E	15-30	3,5	2,9	-0,6	0,1	0,1	0,07	0,27	2,80	12,5	11,6	2,9	16,2	1,7	91,2	3,7	0,22	16
Bh1	30-65	3,2	2,8	-0,4	0,1	0,0	0,06	0,16	9,10	36,8	11,0	3,1	15,6	0,3	98,3	13,1	0,20	15
Bh2	65-90	3,7	3,3	-0,4	0,2	0,4	0,04	0,64	4,00	14,5	6,1	9,3	46,1	3,3	86,2	11,5	0,38	30
P5 - Argissolo Amarelo distrófico típico (A húmico)																		
O	10-0	4,1	3,7	-0,4	0,5	0,1	0,14	0,74	2,6	17,2	3,3	3,3	20,5	3,6	77,8	9,5	0,49	19
A1	0-12	4,1	3,8	-0,3	0,2	0,1	0,12	0,42	2,80	18,3	2,9	3,2	21,5	2,0	87,0	6,8	0,45	15
A2	12-35	4,2	4,0	-0,2	0,0	0,0	0,02	0,02	2,30	14,5	1,5	2,3	16,8	0,1	99,1	4,3	0,20	21
2AB	35-45	4,2	4,1	-0,1	0,0	0,0	0,02	0,12	1,40	7,8	0,6	1,5	9,3	1,3	92,1	1,8	0,09	20
2Bt	45-75	4,6	4,4	-0,2	0,1	0,0	0,02	0,12	0,40	3,2	0,4	0,5	3,7	3,2	76,9	0,8	0,03	26
2BC	75-120	4,6	4,3	-0,3	0,0	0,0	0,01	0,01	0,40	2,6	0,6	0,4	3,0	0,3	97,6	0,8	0,02	40

SB = soma de bases trocáveis; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = índice por saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio; C = carbono orgânico total; N = nitrogênio total; C/N = relação entre carbono e nitrogênio.

Quadro 2. Características químicas dos perfis selecionados no transecto 2, Pico do Ibitipoca, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG)

Horizonte	Prof.	pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H								
cm		cmol _c dm ⁻³									mg dm ⁻³	- cmol _c dm ⁻³		%				
P6 - Neossolo Quartzarênico órtico húmico																		
A1	0-5	3,6	3,3	-0,3	0,2	0,1	0,12	0,42	2,30	8,9	5,1	2,7	11,6	3,6	84,6	2,9	0,20	14
A2	5-15	3,4	3,3	-0,1	0,1	0,0	0,05	0,15	2,70	12,8	5,1	3,1	12,9	1,0	94,7	2,8	0,15	18
A3	15-45	3,3	3,6	0,3	0,1	0,0	0,03	0,13	1,50	5,4	2,3	2,9	15,7	1,8	92,0	2,1	0,16	13
A4	45-85	4,0	4,1	0,1	0,1	0,0	0,02	0,12	1,00	6,8	1,9	1,6	7,0	1,5	89,3	2,0	0,07	28
AC	85-125	4,2	4,1	-0,1	0,1	1,0	0,01	1,11	0,80	4,2	2,3	1,1	7,9	18,2	41,9	0,9	0,04	22
Cr	125-145 ⁺	4,4	4,3	-0,1	0,4	0,1	0,18	0,68	2,20	13,3	14,6	1,9	6,1	4,2	76,4	0,7	0,03	23
P7 - Cambissolo Háptico Tb distrófico típico																		
A1	0-5	3,8	3,6	-0,2	0,0	0,0	0,08	0,18	1,80	6,9	2,3	2,0	8,9	2,0	90,9	2,0	0,11	18
E	5-16	3,9	3,8	-0,1	0,0	0,0	0,04	0,14	1,40	5,0	1,7	1,5	6,5	2,1	90,9	1,4	0,06	23
2A	16-40	4,0	4,0	0,0	0,1	0,0	0,03	0,03	1,40	5,4	1,1	1,4	6,8	0,4	97,9	1,4	0,07	20
2Bi	40-60	4,2	4,3	0,1	0,0	0,0	0,02	0,12	1,00	3,5	0,7	1,1	4,6	2,6	89,3	0,8	0,04	20
2Cr	60-100 ⁺	4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,11	0,50	1,8	0,6	0,6	2,4	4,6	82,0	0,4	0,02	20
P8 - Neossolo Quartzarênico órtico húmico																		
A1	0-5	4,2	3,5	-0,7	0,1	0,1	0,12	0,62	1,30	6,1	3,3	1,9	8,0	7,7	67,7	3,0	0,04	75
A2	5-15	3,8	3,6	-0,2	0,1	0,0	0,09	0,19	1,80	6,5	2,9	2,0	8,5	2,2	90,5	2,2	0,09	24
A3	15-23	4,1	3,9	-0,2	0,1	0,0	0,02	0,12	1,30	4,8	1,9	1,4	6,2	1,9	91,5	1,5	0,08	18
A4	23-45	4,3	4,1	-0,2	0,0	0,0	0,02	0,02	1,00	4,1	1,1	1,0	5,1	0,4	98,0	1,5	0,07	21
2AC	45-65	4,5	4,2	-0,3	0,1	0,0	0,02	0,12	0,80	3,5	0,7	0,9	4,4	2,7	87,0	1,0	0,06	16
2C1	65-95	4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,01	0,60	1,9	0,4	0,6	2,5	0,4	98,4	0,6	0,03	20
2C2	95-125	4,9	4,4	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,01	0,20	1,9	0,2	0,2	2,1	0,5	95,2	0,6	0,03	20
2C3	125-165 ⁺	5,0	4,4	-0,6	0,1	0,3	0,01	0,41	0,10	2,0	0,4	0,5	2,5	16,3	19,6	0,7	0,02	35
P9 - Neossolo Quartzarênico órtico léptico																		
A1	0-10	4,1	3,7	-0,4	0,2	0,0	0,06	0,26	1,40	5,4	3,5	1,7	7,1	3,7	84,3	1,9	0,14	13
A2	10-30	4,7	4,0	-0,7	0,0	0,0	0,04	0,04	1,30	5,0	2,3	1,3	6,3	0,6	97,0	1,1	0,08	13
C1	30-60	4,7	4,3	-0,4	0,1	0,1	0,03	0,23	0,50	2,5	2,5	0,7	3,2	7,1	68,5	0,5	0,01	50
P10 - Neossolo Litólico húmico típico																		
A	0-45	4,1	3,1	-1,0	0,3	0,1	0,07	0,47	1,40	5,5	5,6	2,3	13,6	6,4	74,9	6,8	0,30	22

SB = soma de bases trocáveis; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = índice de saturação por bases; m = índice de saturação por alumínio; C = carbono orgânico total; N = nitrogênio total; C/N = relação entre carbono e nitrogênio.

reportado por Volkoff et al. (1984), Mendonça (1995) e Benites et al. (1999), em solos tropicais e subtropicais. Em condições de elevado Al trocável, as plantas produzem maior quantidade de compostos fenólicos, reduzindo, mais ainda, a sua degradabilidade (Davies et al., 1964).

Em todos os horizontes A, os teores de P são muito baixos, inferiores a 8,5 mg dm⁻³, excetuando-se o perfil 4. Os valores de Ca²⁺ e Mg²⁺ são baixos ou negligíveis na maioria dos horizontes. O K⁺, aparentemente, foi mais concentrado pela ciclagem, com valores sempre superiores a 0,18 cmol_c dm⁻³ nos horizontes A, reduzindo em profundidade. Os menores teores de K⁺, em relação ao Ca²⁺ e Mg²⁺, neste caso, devem ser atribuídos à presença de biotita e muscovita no quartzo, que, por serem resistentes, constituem reserva de K⁺, não-trocável, potencialmente ciclável no solo.

Os solos são, em geral, arenosos, com classes texturais que variam de argilo-arenosa até areia, com predominância de areia grossa na maior parte dos horizontes (Quadros 3 e 4). Somente os

Cambissolos (P1 e P2), associados ao xisto, apresentam teores pouco mais elevados de argila, chegando, neste caso, à argila arenosa. Em tais circunstâncias, a perda de bases e a mobilidade de certas frações da matéria orgânica são ainda acentuadas e interferem diretamente na pedogênese desses ambientes. Em certos horizontes, a relação silte/argila apresentou-se elevada, provavelmente em razão da presença da matéria orgânica em tamanho de silte (P4) ou por pseudomorfos de biotita, caulinizados, do saprolito (P2, nos horizontes BC e Cr).

Ferro extraído com ditionito e com oxalato

Os teores de Fe₂O₃ livre (óxidos) extraídos com DCB foram muito baixos, exceto nos perfis P1, P2 e P5, onde o horizonte B apresentava maior contribuição de minerais micáceos (biotita) degradados e ferruginizados, com maiores teores de argila (Quadro 5). Nos demais perfis, os teores foram sempre inferiores a 1,0 %, exceto nos horizontes espódicos, onde há acumulação de compostos Fe-MO

Quadro 3. Cor e textura dos perfis selecionados no transecto 1, Pico do Pião, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG)

Horizonte		Cor	Granulometria					Classe textural
Símbolo	Profundidade		Ag	Af	S	Arg	S/Arg	
	cm	seco	%					
P1 - Cambissolo Húmico distrófico latossólico								
Od	10-0	10YR3/4	48	13	12	27	0,4	Franco-argilo-arenosa
A	0-20	10YR5/8	42	13	7	38	0,2	Argila arenosa
Bi	20-60+	10YR6/8	36	14	7	43	0,2	Argila arenosa
P2 - Cambissolo Húmico distrófico léptico								
A1	0-7	10YR5/8	34	25	10	31	0,3	Franco-argilo-arenosa
AB	7-18	10YR6/8	42	18	11	29	0,4	Franco-argilo-arenosa
Bi	18-37	10YR6/8	41	17	11	32	0,3	Franco-argilo-arenosa
BC	37-60	7,5YR7/4	30	23	22	25	0,9	Franco-argilo-arenosa
Cr	60-120+	2,5YR7/3	25	22	33	19	1,7	Franca
P3 - Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico								
A1	5-10	10YR3/2	77	7	4	12	0,4	Areia franca
E	10-20	10YR3/2	80	6	4	10	0,4	Areia franca
Bh	20-70	10YR3/1	77	5	6	12	0,5	Areia franca
Bs1	70-88	10YR5/4	78	8	3	10	0,3	Areia
Bs2	88-90	10YR5/4	76	8	4	12	0,3	Areia franca
Bs3	90-130+	2,5YR5/3	81	9	3	7	0,4	Areia
P4 - Espodossolo Cárbico hidromórfico típico								
A1	0-15	10YR4/1	76	11	6	8	0,8	Areia franca
E	15-30	10YR4/1	76	12	6	7	0,9	Areia franca
Bh1	30-65	2,5YR2,5/1	54	14	19	13	1,5	Franco arenosa
Bh2	65-90	10YR2/1	82	8	4	6	0,6	Areia
P5 - Argissolo Amarelo distrófico típico (A húmico)								
A1	0-12	7,5YR3/1	45	18	15	22	0,7	Franco-argilo-arenosa
A2	12-35	7,5YR3/1	43	24	11	21	0,5	Franco-argilo-arenosa
2AB	35-45	2,5YR5/4	43	18	10	29	0,3	Franco-argilo-arenosa
2Bt	45-75	10YR7/8	46	6	5	43	0,1	Argila arenosa
2BC	75-120	10YR6/6	64	8	6	23	0,3	Franco-argilo-arenosa

Ag.= areia grossa; Af. = areia fina; S = silte; Arg = argila; S/Arg = relação silte argila.

iluviados e descontínuos (P3), evidenciando fluxos laterais. Os teores de Fe amorfo, embora também baixos, mostraram-se relativamente maiores, com relações $Fe_{\text{oxa}}/Fe_{\text{DCB}}$ altas nos solos mais arenosos e, notadamente, no Espodossolo (P3), evidenciando a translocação descendente de complexos Fe-MO. Neste solo, observou-se tendência de aumento da relação $Fe_{\text{oxa}}/Fe_{\text{DCB}}$ com profundidade, acompanhando o aumento dos valores absolutos de Fe_{oxa} . Nos Cambissolos Húmicos, os valores de Fe_{oxa} decresceram em profundidade, evidenciando a remoção sem reprecipitação de Fe-MO, até às profundidades estudadas.

Conforme esperado, os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas, a exemplo do descrito em solos altimontanos (Benites, 1998; Benites et al., 2001; Oenning, 2001; Simas, 2002). Com o acúmulo de carbono orgânico, há inibição da cristalização de óxidos de Fe (Schwertmann, 1966) ou Al (Hsu, 1989). Remoções de Fe complexado com MO em formas solúveis são esperadas nos solos desenvolvidos de quartzito (Campos et al., 1997; Schaefer et al., 2002).

Caracterização mineralógica da fração argila

Em todos os solos, observou-se presença de caulinita, que foi predominante no perfil 1, Cambissolo Húmico distrófico latossólico, desenvolvido de xisto; no perfil 2, Cambissolo Húmico distrófico léptico, e, no horizonte Bs1 do perfil 3, Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico. Nos demais solos, houve considerável proporção de minerais 2:1 do grupo das illitas/micas e vermiculitas com hidróxi-entrecamadas (VHE), herdadas, denotando a resistência desses minerais frente à alteração em condições de acentuado intemperismo e à presença de micas (sericitas) nos quartzitos do Ibitipoca (Quadro 3).

Cabe destacar, ainda, a coexistência de gibbsita, quartzo e illita no perfil 5 (Cambissolo Húmico), no perfil 6 (Cambissolo Háptico) e no horizonte Bs1 do perfil 11, ilustrando ao mesmo tempo o elevado grau de intemperismo e a ocorrência de quartzo mais coloidal nos solos de textura mais arenosa e natureza quartzosa, onde tal fato parece comum (Benites, 1998). De todos os solos, o perfil 1 foi o que mostrou

Quadro 4. Cor e textura dos perfis do transecto 2 (Pico do Ibitipoca)

Horizonte		Cor	Granulometria					Classe textural
Símbolo	Profundidade		Ag	Af	S	Arg	S/Arg	
cm		seco	%					
P6 - Neossolo Quartzarênico órtico húmico								
A1	0-5	10YR3/2	75	10	5	9	0,6	Areia franca
A2	5-15	10YR3/2	77	9	5	8	0,6	Areia franca
A3	15-45	10YR3/1	92	2	3	3	0,9	Areia
A4	45-85	10YR5/2	85	8	3	3	1,1	Areia
Cr	125-145 ⁺	7,5YR6/3	82	5	6	6	1,1	Areia
P7 - Cambissolo Háptico Tb distrófico típico								
A	0-5	10YR5/2	67	16	3	14	0,2	Franco-arenosa
E	5-16	10YR6/2	75	14	2	9	0,3	Areia
2A	16-40	10YR5/2	70	13	3	14	0,2	Franco-arenosa
2Bi	40-60	10YR6/2	68	13	4	15	0,2	Franco-arenosa
2Cr	60-100 ⁺	10YR7/3	81	7	3	9	0,4	Areia franca
P8 - Neossolo Quartzarênico órtico húmico								
A2	5-15	10YR6/3	70	14	5	10	0,5	Areia franca
A3	15-23	10YR6/3	70	16	5	9	0,6	Areia franca
A4	23-45	2,5YR6/3	69	16	5	10	0,5	Areia franca
2AC	45-65	2,5YR6/4	70	15	4	10	0,4	Areia franca
2C1	65-95	2,5YR7/6	74	11	3	12	0,3	Areia franca
2C2	95-125	7,5YR7/8	75	12	5	8	0,6	Areia franca
2C3	125-160 ⁺	10YR/8/6	69	15	7	9	0,8	Areia franca
P9 - Neossolo Quartzarênico órtico léptico								
A1	0-10	10YR5/2	73	14	5	8	0,6	Areia franca
A2	10-30	10YR6/2	73	13	5	10	0,5	Areia franca
C1	30-60	2,5YR7/4	75	12	6	7	0,9	Areia franca
P10 - Neossolo Litólico húmico típico								
A	0-45		61	17	11	11	1,0	Franco-arenosa

Ag.= areia grossa; Af. = areia fina; S = silte; Arg = argila; S/Arg = relação silte argila.

a melhor definição de pico de gibbsita, por se tratar de solo desenvolvido de material pelítico aluminoso, com baixo teor de sílica (xisto biotítico), denotando profundo intemperismo nos referidos saprolitos.

A gibbsita (traços) presente em Bs do Espodossolo e ausente no Bh acima indica neogênese *in situ* pela precipitação de complexos MO-Al, em virtude da flutuação do nível freático (Quadro ?). Este horizonte Bs é semelhante ao horizonte plácico da Soil Taxonomy, pela menor espessura e disposição horizontalizada (laminada) das acumulações de Fe e Al (De Coninck & McKeague, 1985). Poderia, ainda, ser comparado ao “microortstein”.

Atributos micromorfológicos

Alguns aspectos pedogenéticos de destaque foram identificados ou confirmados em seções finas do Espodossolo (P3), compreendendo os principais horizontes (A2, E, Bh e Bs1) (Figuras 2 e 3).

As principais feições observadas são compatíveis com os modelos de pedogênese desses solos (De Coninck & McKeague, 1985), a saber: no horizonte A2, há predomínio de grãos minerais, em sua quase totalidade quartzo, entremeados de fragmentos

polimórficos de matéria orgânica, com raros restos orgânicos (Figura 2a); nos espaços intergranulares, são comuns pequenos agregados e pontuações orgânicas com padrão típico de pelotas fecais de microartrópodes (Figura 2b), além de canais biológicos de raízes ou fauna, parcialmente oxidados. A microestrutura é em grãos simples, com recobrimento orgânico ocasional nos grãos de quartzo. Os poros são de empacotamento composto (Figura 2ab).

A parte superior do horizonte E (Figura 2c) evidencia menor participação relativa dos fragmentos orgânicos intergranulares e concentração residual de quartzo, a exemplo do descrito por Benites (1998) e Melo Marques (2000), em Podzóis do Brasil, e por Eswaran (1971) e Righi & De Coninck (1974), em outros continentes. Na transição E com Bh, observa-se presença de grãos simples com orgãs, poros de empacotamento compostos, e recobrimento difuso de materiais organominerais monomórficos (Figura 2d). Assim, em pouco mais de 5 cm, verificou-se a transição do horizonte E para Bh, onde as formas de Fe/Al complexadas por matéria orgânica em processo ativo de quelatação e remoção “per descendum” iniciam processo de deposição iluvial.

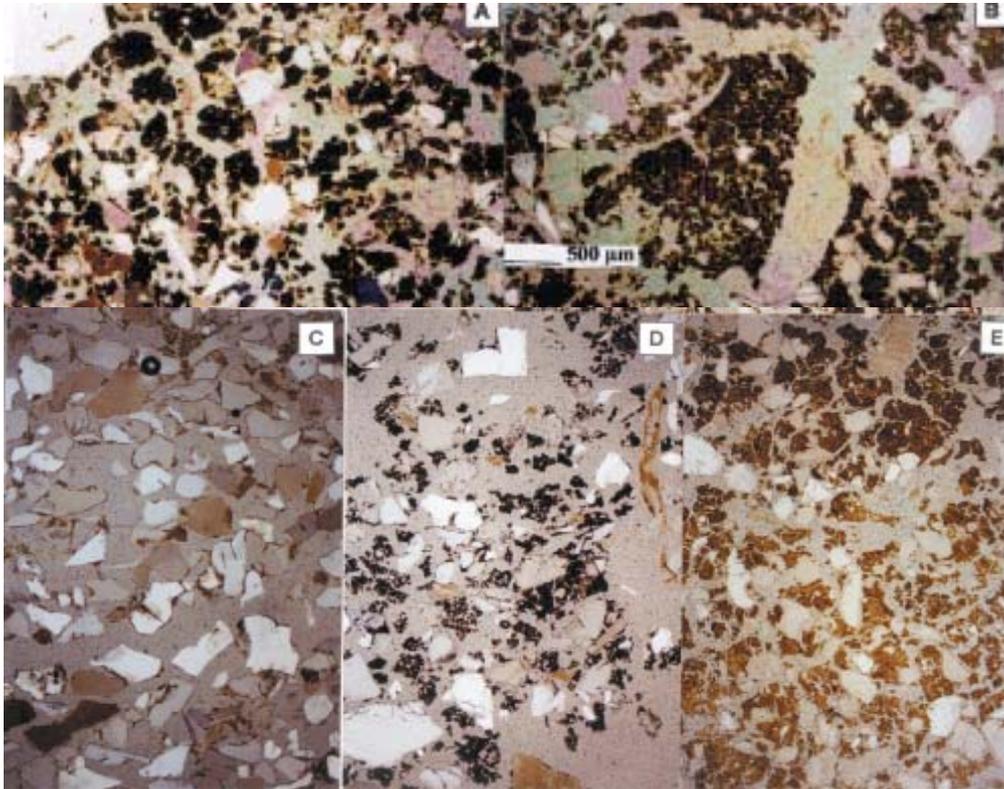


Figura 2. Fotomicrografias do horizonte A (fotos A e B), parte superior (foto C) e inferior (foto D) do horizonte E; transição de E para Bh (foto E).

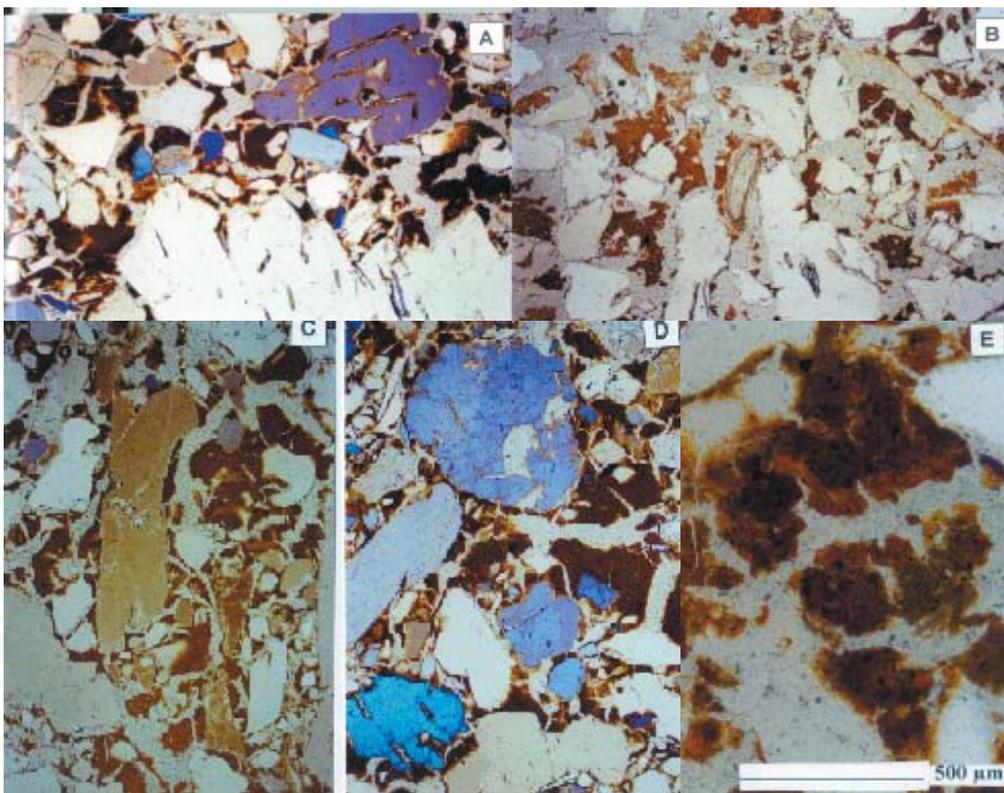


Figura 3. Fotomicrografias do horizonte Bh (foto A), transição Bh/Bs1 (foto B), Bs1 (fotos C e D) e horizonte plácico em Bs (foto E).

Na transição do Bh para Bs1, observou-se a mudança abrupta, com grãos de quartzo formando o esqueleto básico, agregados organominerais, poros de empacotamento compostos e menor participação orgânica (Figura 2e). As diferenças entre o Bh e o Bs1 subjacente são basicamente de cor; valor e croma baixos no Bh (Figura 3a) e croma mais elevado em Bs1 (Figura 3b). O padrão descrito no Bs é convergente aos "Ortsteins" clássicos descritos na literatura em horizontes Bs de Podzóis (De Coninck et al., 1974; De Coninck & McKeague, 1985; Melo Marques, 2000) e dominados por material organomineral monomórfico fraturado (Figura 3c,d), com Al e Fe precipitados, além de teores de P mais elevados (Quadro 1). Feições semelhantes ao horizonte plácico podem ser constatadas na figura 3e, onde duas gerações de deposição ferruginosas são observáveis: uma mais avermelhada (ferridrita-hematita) e outra xantizada, de goethita, embora

esses óxidos não tenham sido observados por DRX, em razão da baixa cristalinidade e pouca quantidade.

Análises microquímicas de EDS

Foram realizadas análises microquímicas quantitativas da cimentação organoferruginosa ou mineral, nos horizontes Bh e Bs do Espodossolo (P3), e obtidos mapas microquímicos semiquantitativos das seções finas (Figura 4 e Quadro 6).

O plasma intergranular do horizonte Bs apresenta partes mais aluminosas (Figura 4a; Quadro 6), com valores de Al pelo EDS de 26,5 %, e relação Ki (2,07) típica de plasma caulínico, com Al/Fe mais elevada (3,85). Tal fato revela a neossíntese de caulinita favorecida pelos ácidos fúlvicos, em horizonte espódico, conforme descrito por Schaefer et al. (2002) em Espodossolo do Planalto de Diamantina. As zonas plásmicas mais ferruginosas em Bs (parte

Quadro 5. Resultados analíticos de teores de ferro citrato ditionito (Fe_{DCB}) e oxalato (Fe_{oxa}), da relação Fe_{oxa}/Fe_{DCB} e da mineralogia da fração argila de alguns horizontes dos solos do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG)

Horizonte	Profundidade cm	Fe_{DCB} %	Fe_{oxa} %	Fe_{oxa}/Fe_{DCB}	Mineralogia (fração argila) ⁽¹⁾
P1 - Cambissolo Húmico distrófico latossólico					
Od	10-0	2,96	0,20	0,07	
Bi	40-80	4,30	0,17	0,04	Ct, Gibb
P2 - Cambissolo Húmico distrófico léptico					
A1	0-7	3,27	0,10	0,03	
Bi	18-37	3,45	0,06	0,02	Ct, VHE (tr), Gibb
BC	37-60	3,91	0,02	0,01	
P3 - Espodossolo Ferrocárbico órtico dúrico					
A1	0-5	0,72	0,17	0,24	
E	10-20	0,92	0,23	0,25	
Bh	20-70	0,89	0,34	0,38	Ct, iI/Mi, VHE,
Bs1	70-88	1,16	0,42	0,36	
Bs2	88-90	2,54	1,13	0,44	Ct, iI/Mi, VHE, Qtz, Gibb (tr)
P4 - Espodossolo Cárbico hidromórfico típico					
A1	0-10	0,02	0,02	1,00	
2A	25-60	0,15	0,15	1,00	
P5 - Argissolo Amarelo distrófico típico (A húmico)					
A1	0-12	2,52	0,97	0,38	
Bi	45-75	3,03	0,25	0,08	Ct, iI/Mi, Qtz, Gbb
BC	75-120	2,13	0,18	0,08	
P6 - Neossolo Quartzarênico órtico húmico					
A1	0-5	0,16	0,08	0,50	
A2	5-15	0,13	0,12	0,92	
AC	85-125	0,04	0,02	0,50	
Cr	125-145 ⁺	0,00	0,06	0,00	
P7 - Cambissolo Háptico Tb distrófico típico					
A1	0-5	0,55	0,07	0,13	
E	5-16	0,38	0,05	0,13	
2A	16-40	0,49	0,09	0,18	
2Bi	40-60	0,54	0,09	0,17	Ct, iI/Mi, VHE, Qtz, Gibb (tr)

⁽¹⁾ Ct = caulinita; VHE = vermiculita com hidróxi entre camadas; Qtz = quartzo; Gibb = gibbsita; iI/Mi = illita/micas; (tr) = traços.

mais endurecida, do tipo horizonte plácico) apresentaram valores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 pelo EDS de 24,9 e 14,7, e relação Ki de 3,9, mais elevada, e de Al/Fe (1,70), mais estreita. Por outro lado, o plasma mais orgânico neste mesmo horizonte mostrou valores de Ki de 2,23 (26,6 % Al_2O_3 e 31,1 % SiO_2) com menores concentrações de

Fe_2O_3 (8,60 %) e Al/Fe de 3,09. Assim, os dados evidenciam a participação de sílica coloidal ao lado de aluminossilicatos amorfos, na cimentação dos "microorstein" (horizontes plácicos) nesses Espodossolos, em associação ao cimento ferruginoso e plasma caulinitico, provavelmente pouco cristalino.

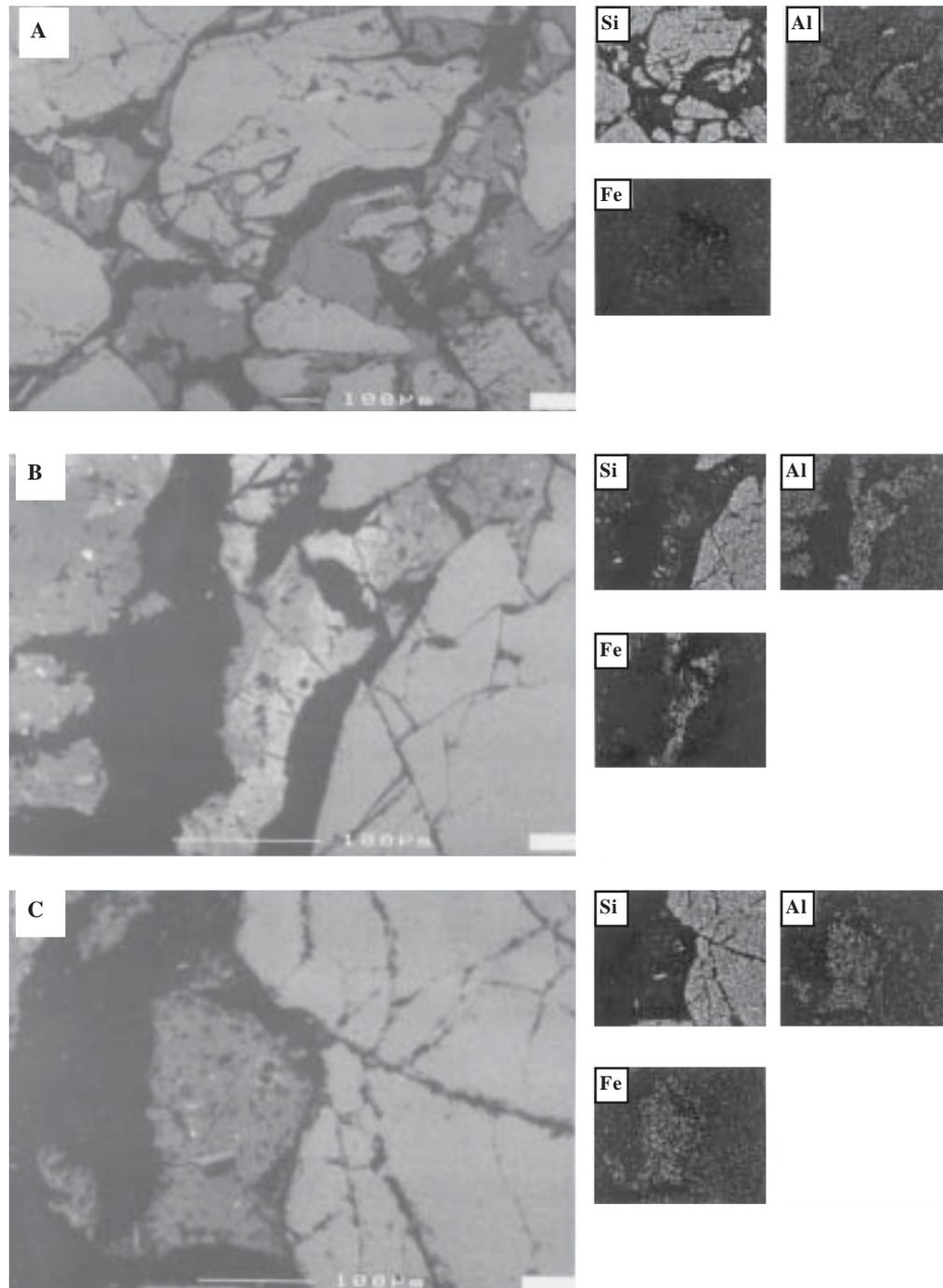


Figura 4. Fotomicrografias em retroespalhamento eletrônico (backscattering) em MEV e respectivos mapas microquímicos de EDS para Si, Al e Fe, em algumas feições selecionadas nos horizontes Bs (fotos A e B) e Bh (foto C) do Espodossolo (P3). Os dados analíticos de EDS do plasma estão reportados no quadro 6.

Quadro 6. Análises microquímicas quantitativas em microsonda SEM/EDS em zonas plásmicas selecionadas nos horizontes Bh e Bs do Espodossolo Ferrocárbico (P3), relativos aos mapas microquímicos ilustrados na figura 4

%	(A) plasma organo-mineral no topo do Bh	(B) Zona ferruginosa em Bs, ilustrada no mapa químico	(B) Zona aluminosa em Bs, ilustrada no mapa químico	(C) Plasma orgânico mais escuro em Bh
SiO ₂	32,4	55,1	31,1	32,1
Al ₂ O ₃	26,5	24,9	26,6	26,2
Fe ₂ O ₃	6,87	14,7	8,6	7,9
TiO ₂	0,94	1,15	0,92	1,28
K ₂ O	1,86	2,45	1,81	1,64
CaO	0,06	0,50	0,38	0,10
MgO	0,60	0,40	0,70	0,20
P ₂ O ₅	0,30	0,22	0,10	0,30

O plasma orgânico mais escurecido e microfraturado em Bh mostrou valores semelhantes de Al₂O₃ (26,2 %) e SiO₂ (32,1 %), e Ki de 2,08 (Quadro 6), com menores valores de K₂O e MgO, ilustrando uma composição caulínica. Os valores de TiO₂ nas zonas plásmicas variaram de 0,92 a 1,28 %, e os valores de P₂O₅ de 0,10 a 0,30 %, denotando a pobreza em fósforo nesses solos, mesmo nos materiais orgânicos eluviados.

Formas pouco cristalinas de Fe e aluminossilicatos são dominantes nos solos, especialmente nos horizontes Bs do Espodossolo, onde ocorre zona preferencial de acúmulo de Fe e Si nos horizontes plácicos (orsteins) e neoformação de caulinita.

CONCLUSÕES

1. A distribuição dos solos na paisagem do Ibitipoca é predominantemente subordinada à litologia e estrutura, sendo a topografia um fator menos destacado. Os controles estruturais do domínio quartzítico no relevo condicionam *loci* com características pedogenéticas peculiares, os quais são determinantes, por sua vez, de atributos físico-químicos e mineralógicos distintos.

2. A vegetação de complexo rupestre de altitude apresenta maior porte em locais com condições pedoclimáticas menos desfavoráveis e solos mais desenvolvidos.

3. Os solos no Parque Estadual do Ibitipoca são muito ácidos (pH de 3,5 a 4,2 em A1), com valores de saturação por Al superiores a 60 % em A1 e eletronegativos, tanto em substratos quartzíticos quanto xistosos.

4. A matéria orgânica apresenta valores elevados em decorrência dos baixos teores de nutrientes e clima mesotérmico. A acidez orgânica condiciona

uma remoção muito acentuada de bases e intemperismo mineral acelerado.

5. A CTC é quase exclusivamente atribuível à matéria orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos.

6. O acúmulo de carbono orgânico e sua mobilização inibem a cristalização de óxidos de Fe ou Al, mas favorecem a síntese de caulinita.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, M.A.; CASTRO, P.T.A.; FREITAS, M.V. & ANDRADE, M.V.G. Levantamento preliminar da fauna e avaliação geológica do Parque Florestal Estadual do Ibitipoca, Lima Duarte. Belo Horizonte, Instituto Estadual de Florestas, 1984. não paginado.
- BENITES, V.M. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 123p. (Tese de Mestrado)
- BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S.; SCHAEFER, C.E.R. & MARTIN NETO, L. Caracterização dos ácidos húmicos extraídos de um Latossolo Vermelho-Amarelo e de um Podzol por análise termodiferencial e pela espectroscopia de absorção no infravermelho. R. Bras. Ci. Solo, 23:543-551, 1999.
- BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, E.S & MARTIN-NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. R. Bras Ci Solo, 25: 661-674, 2001.
- CAMPOS, J.C.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; SAADI, A., & ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Gênese e Micropedologia de solos do Médio Jequitinhonha, de Turmalina a Pedra Azul, Minas Gerais. Geonomos, 5:41-53, 1997.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983.

- CORRÊA NETO, A.V.; ANÍSIO, L.C.C. & BRANDÃO, C.P. Um endocarsite quartzítico na Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7., Belo Horizonte, 1993. Anais. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1993. p.83-86.
- DAVIES, R.I.; COULSON, C.B. & LEWIS, D.A. Polyphenols in plant humus and soil: 3. *J. Soil Sci.*;15:229-309, 1964.
- De CONINCK, F. & MCKEAGUE, J.A. Micromorphology of Spodosols. In: DOUGLAS, L.A. & THOMPSON, M.L., eds. Soil micromorphology and soil classification. Madison, Soil Science Society of American, 1985. p.121-144.
- De CONINCK, F.; RIGHI, D.; MAUCORPS, J. & ROBIN, A.M. Origin and micromorphological nomenclature of organic matter in sandy Spodosols. In: SOIL MICROSCOPY INTERNATIONAL WORKING MEETING SOIL MICROMORPHOLOGY, 4., Kingston, 1974. Ontario, Proceedings. Kingston, The Limestone Press, 1974. p.263-280.
- DENNISTON, D. Sustaining Mountain peoples and environments. In: LINDA S., ed. The state of the world. New York, W.W. Norton & Company, 1995. p.38-57.
- DIAS, H.C.T.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F. & VENTORIM, L.B. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG. *R. Árvore*, 26:777-786, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Ciências do Solo. Manual de métodos e análises de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ESWARAN, H. Electron scanning studies of the fabrics of fracture surfaces. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:787-790, 1971.
- FEIO, R.N. Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais (Amphibia, Anura). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. 165p. (Tese de Mestrado)
- FITZPATRICK, E.A. Soil microscopy and micromorphology. New York, John Wiley & Sons, 1993. 304p.
- FONTES, M.A.L. Análise da composição florística das florestas nebulares do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1997. 50p. (Tese de Mestrado)
- HSU, P.H. Aluminium hydroxides and oxyhydroxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. eds. Minerals in soils environments. Madison, Soil Science Society of American, 1989. p.1051-1088.
- McKEAGUE, J.A. & DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can J. Soil Sci.*, 46:13-22, 1966.
- MEHRA, J.P. & JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 7:317-327, 1960.
- MELO MARQUES SÁ, A.F. Geoambientes e uso atual na bacia do Rio Alcobaça (MG e BA). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 185p. (Tese de Doutorado)
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. *R. Bras Ci Solo*, 19:25-30, 1995.
- OENNING, I. Gênese e classificação de solos argilosos com horizonte B escurecido do Sul do Brasil. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001.107p. (Tese de Mestrado)
- RIGHI, D. & De CONINCK, F. Micromorphological aspects of humods and haplaquods of the "Landes du Médoc", France. In: SOIL MICROSCOPY INTERNATIONAL WORKING MEETING SOIL MICROMORPHOLOGY, 4., Kingston, 1974. Proceedings. Kingston, The Limestone Press, 1974. p.567-588.
- ROCHA, G.C. Solos do Parque Estadual do Ibitipoca. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, 1., Juiz de Fora, 1996, Anais. Juiz de Fora, Núcleo de Pesquisa em Zoneamento Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, 1997. p.116.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; GILKES, R.J.; CAMPOS, J.C.F.; COSTA, L.M. & SAADI, A. Pedogenesis on the uplands of the Diamantina Plateau, Minas Gerais, Brazil: a chemical and micropedological study. *Geoderma*, 107:243-269, 2002.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxides. *Nature*, 212:645-646, 1966.
- SENTIUS, W.W. Climax forms of rock-weathering. *Am. Sci.*, 46:355-367, 1958.
- SIMAS, F.N.B. Pedogênese e Geoambientes na Serra Verde, parte da Mantiqueira Mineira: atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 78p. (Tese de Mestrado)
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. & MELFI, A.J. Humus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:277-283, 1984.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.

