

QUALIDADE DE UM SISTEMA LATOSSOLO-ARGISSOLO COMO RECEPTOR DE EFLUENTES NO MUNICÍPIO DE LINS(SP)⁽¹⁾

Liliane Ibrahim⁽²⁾ & Adolpho José Melfi⁽³⁾

RESUMO

Este trabalho objetivou caracterizar um sistema de solos, evidenciando a propriedades que possam esclarecer sua dinâmica e contribuir para a definição de critérios que condicionem a aptidão destes solos como receptores de efluentes. Trata-se de uma área experimental de estudos, contígua à Estação de Tratamento de Esgoto do município de Lins (SP), onde o efluente é gerado a partir do tratamento de esgoto por sistema de lagoas de estabilização. Os solos, situados ao longo de uma vertente com ligeira inclinação, foram caracterizados por meio de análises, morfológica, granulométrica, química, mineralógica e micromorfológica, realizadas em amostras coletadas em cinco trincheiras em topossequência. Os solos são desenvolvidos a partir dos sedimentos arenosos da Formação Adamantina (Grupo Bauru) e constituem um sistema Latossolo – Argissolo onde a transição Bw – Bt ocorre lateralmente do topo para a base da vertente. Foram identificadas três fases pedogenéticas nesta associação de solos. A primeira, argiluviação e adensamento de partículas, responsável pela formação dos horizontes texturais, foi superposta pelos processos de latossolização e hidromorfismo, atuantes na dinâmica atual destes solos. Análises micromorfológicas mostraram tratar-se de solos com intensa porosidade, caracterizada pelo empilhamento dos grãos do esqueleto quartzoso amplamente predominante e pelo arranjo entre os microagregados granulares. A permeabilidade é ainda favorecida pela intensa ação da mesofauna. Os solos são distróficos e compostos por caulinita e óxidos de Fe na fração argilosa. Por constituírem um sistema frágil, a disposição de quaisquer tipos de resíduos nestes solos requer o monitoramento constante de suas propriedades, tanto para a manutenção, quanto para a recuperação da qualidade desta cobertura pedológica.

Termos de indexação: caracterização do solo, B latossólico, B textural, micromorfologia, qualidade do solo.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor. Trabalho apresentado no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007 (Gramado, RS).

⁽²⁾ Pós-Graduanda em Geologia Regional - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. Caixa Postal 178, CEP 13506-900 Rio Claro (SP). E-mail: librahim@rc.unesp.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Caixa Postal 09. CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: ajmelfi@usp.br

SUMMARY: QUALITY OF A LATOSOL-ARGISOL SYSTEM IN THE COUNTY OF LINS/SP, BRAZIL

The purpose of this study was the characterization of a soil system, focused on proprieties that can clarify the dynamics and contribute to the definition of criteria that determine the ability of these soils as recipients of effluents. An experimental study area was used, adjacent to the Sewage Treatment Station of the municipality of Lins (SP), where the sewage is treated in a system of stabilization ponds. The soil samples, taken from five trenches in a toposequence of a slight slope, were characterized in morphological, grain, chemical, mineralogical and micromorphological analyses. The soils had developed from the sandy sediment Adamantina (Group Bauru) and represent a Latosol - Argisol system where the transition Bw - Bt occurs laterally from the top to the bottom of the slope. Three pedogenetic phases were identified in this soil system. The first, clay illuviation and particle compaction, responsible for the formation of textural horizons, was overlaid by processes of latosolization and hydromorphism, which are currently active in these soils. Micromorphological analyses showed that the porosity of these soils is intense, characterized by the grain arrangement of the widely prevalent quartz skeleton and arrangement of the granular microaggregates. The permeability is still favored by the intense action of mesofauna. The soils are dystrophic and composed of kaolinite and iron oxides in the clay fraction. For being a fragile system, any type of waste disposal to the soil requires constant monitoring, both for quality maintenance and recovery of the pedological cover.

Index terms: soil characterization, latosolic B, textural B, micromorphology, soil quality.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo em determinado ecossistema natural ou manejado é definida como a capacidade para a manutenção da produção, biodiversidade, manutenção ou aumento da qualidade do ar e das águas subterrâneas e superficiais (Karlen et al., 1997); além de proporcionar a ciclagem de nutrientes na pedosfera, atuar na imobilização e, ou, transformação de poluentes industriais, domésticos ou agrícolas, e, ainda, ser o suporte das estruturas sócioeconômicas (Seybold et al., 1998). A qualidade do solo para determinado manejo pode ser avaliada por meio de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Shukla et al., 2006).

A disposição adequada do efluente gerado por sistemas de tratamento de esgoto nos solos, além de proporcionar a adição de nutrientes nos mesmos, permite a redução do lançamento de poluentes em corpos de água superficiais. Os principais fatores limitantes para uma aplicação sustentável são a salinidade, sodicidade e lixiviação do nitrato ou outras substâncias para as águas subterrâneas (Shukla et al., 2006).

No Brasil, o aproveitamento agrícola deste resíduo vem se tornando objeto de estudos, e a região noroeste do Estado de São Paulo, por possuir aproximadamente duas centenas de lagoas facultativas e anaeróbias para tratamento de esgoto, tem na irrigação uma das opções para a disposição deste efluente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de um sistema de solos por meio de sua caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica e do entendimento da dinâmica de seus processos pedogenéticos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo situa-se junto ao sistema de lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Lins/SP (coordenadas 22°21'S e 49°50'W), ocupando área de seis hectares em vertente da margem esquerda do Córrego Campestre. Os solos desta região desenvolvem-se sobre rochas sedimentares arenosas da Formação Adamantina (Cretáceo superior) (IPT, 1981).

Foram abertas cinco trincheiras de 3,0 x 1,0 m e aproximadamente 2,5 m de profundidade numa topossequência disposta ao longo do eixo de maior declive da vertente.

Descrições dos perfis e coleta de amostras foram efetuadas, seguindo as normas propostas por Lemos & Santos (1984); foram coletadas e analisadas amostras de todos os horizontes dos cinco perfis. Análise granulométrica foi realizada por meio do método da pipeta (Camargo et al., 1986). Análises químicas para caracterização seguiram os procedimentos de Raij et al. (1987); foram medidos: pH em água, em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ e em KCl 1 mol L⁻¹; Na,

K, Ca, Mg e P foram determinados mediante resina de troca iônica; Al trocável utilizando-se KCl 1 mol L⁻¹ como solução extratora; matéria orgânica pelo método Walkley-Black e acidez potencial (H + Al) obtida por extração com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0. Análises dos elementos maiores foram feitas por fluorescência de raios X após fusão com tetraborato de lítio. Análise mineralógica da fração argila realizada por difratometria de raios X em equipamento Philips, tubo de Cu. Para o estudo micromorfológico, as amostras foram coletadas orientadas e indeformadas, secas ao ar e em estufa a 45 °C por 48 h e impregnadas com resina poliéster para a confecção de lâminas delgadas (Embrapa, 1997), as descrições seguiram os critérios propostos por Brewer (1976) e Bullock et al. (1985). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (Embrapa, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises permitiram classificar os solos da toposequência como um sistema Latossolo-Argissolo, assim dispostos do topo para a base da vertente:

- Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd)- topo da vertente
- Argissolo Vermelho distrófico latossólico (PVd) – porção intermediária
- Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (PVAd) – porção intermediária
- Argissolo Vermelho distrófico abrupto (PVd) – base da vertente
- Argissolo Amarelo distrófico abrupto (PAd) – base da vertente

Caracterização morfológica dos solos da toposequência

Texturalmente, os horizontes A e AB pertencem à classe areia-franca (textura arenosa) e os horizontes B latossólico (Bw), B textural (Bt) e B hidromórfico (Btg) à classe franco-argilo-arenosa (textura média). A coloração, predominantemente vermelha em todos os perfis, só varia nos horizontes glei dos solos abruptos da base da vertente que se encontram próximo ao lençol freático, com mosqueados de cores de fundo amareladas e concreções ferruginosas pretas mili a centimétricas.

A estrutura predominante é granular pequena, fortemente desenvolvida nos Bw e nos Bt até à porção intermediária da vertente. Nos horizontes Bt dos Argissolos abruptos, a estrutura em blocos subangulares fracamente desenvolvida desfaz-se facilmente em estrutura granular com pedalidade moderada. Os horizontes Btg têm estrutura maciça.

A porosidade observada no campo é constituída por muitos poros pequenos (diâmetro <0,1 cm) a médios (diâmetro entre 0,2 e 0,5 cm) e poros grandes comuns (diâmetro entre 0,5 e 1,0 cm). Câmaras com dimensões entre 5,0 e 20,0 cm são frequentes e estão preenchidas pelo material adjacente, composto pelos agregados granulares (Lemos & Santos, 1984).

Atividade biológica é muito intensa em todo o perfil, com presença de raízes até 1,70 m de profundidade em todas as trincheiras. O nível do lençol freático foi atingido a 1,50 m de profundidade na base da vertente. Aspecto granular e intensa porosidade dos horizontes Bw e Bt são as principais características morfológicas destes solos.

Análise granulométrica

A distribuição dos tamanhos das partículas (Quadro 1) mostra que o teor de areia é alto e relativamente constante, variando de 583 a 700 g kg⁻¹, com predomínio da fração areia fina. O teor de argila é baixo, variando de 80 a 285 g kg⁻¹; com os maiores valores nas maiores profundidades e menores cotas. Nos solos da base da vertente, os Argissolos apresentam gradiente textural abrupto, não sendo visível cerosidade nas paredes dos poros ou faces dos agregados.

Mineralogia e composição química

A assembléia mineralógica não varia ao longo dos perfis, sendo composta em ordem decrescente por quartzo, caulinita, hematita, magnetita e, ou, maghemita e illita e como acessórios ilmenita, zircão, turmalina e epidoto. A pequena quantidade de illita e a ausência de gibbsita são comuns nos solos desenvolvidos a partir dos arenitos da Formação Adamantina (Moniz & Carvalho, 1973).

SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ e, em menor proporção, K₂O e MgO apresentam teores significativos, com distribuição constante no perfil e pouca variação entre os horizontes, corroborando a análise mineralógica.

Características químicas

O pH em água varia de 4,3 a 5,6, qualificando os solos como fortemente ácidos (Quadro 2) (Embrapa, 1999). Em solução de KCl, os valores de pH são sempre menores do que em água, indicando solos com carga líquida negativa (Mekaru & Uehara, 1972), e capacidade de retenção de íons com cargas positivas. Os resultados das análises do complexo de troca revelam horizontes B com baixa soma de bases, de 0,42 a 1,31 cmol kg⁻¹, baixa CTC, de 2,56 a 4,71 cmol_c kg⁻¹, e baixa saturação por bases, de 12 a 30 %.

Quadro 1. Distribuição granulométrica dos solos

Horizonte	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Areia muito fina	Areia total	Silte	Argila
	cm	g kg ⁻¹					
PERFIL 1 – LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico							
Ap	0-12	16,90	471,30	260,40	748,70	114,10	137,20
BA	12-30	15,90	457,60	230,80	704,30	112,30	183,50
Bw1	30-90	19,40	466,60	211,90	697,90	102,20	199,70
Bw2	90-200	12,70	433,50	256,10	702,30	106,60	191,10
PERFIL 5 – ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico							
Ap	0-5	22,10	540,90	211,90	774,90	102,00	123,10
AB	5-12	17,50	474,80	276,70	769,00	123,20	107,80
BA	12-56	13,00	390,70	256,00	659,70	136,10	204,20
Bt1	56-120	10,00	394,50	254,50	659,00	130,20	210,80
Bt2	120-160	10,30	384,10	258,50	652,90	132,30	214,80
Bt3	160-200	08,00	368,60	273,30	649,90	129,90	220,10
Bw	200+	12,90	369,80	270,00	652,70	137,50	209,80
PERFIL 2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico latossólico							
Ap	0-10	12,40	512,20	235,00	759,60	105,60	134,80
BA	10-35	11,30	435,10	211,10	657,50	114,70	227,80
Bt1	35-75	14,10	418,70	182,40	615,20	109,30	275,50
Bt2	75-120	12,20	413,10	204,60	629,90	105,50	264,60
Bt3	120-210	10,30	396,40	233,40	640,10	121,50	238,40
Btg	210-250	12,50	404,90	211,50	628,90	111,60	259,50
PERFIL 6 – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abruptico							
A	0-7	18,00	519,10	237,30	774,40	145,40	80,20
AB	7-17	14,50	546,90	228,70	790,10	125,80	84,00
Bt1	17-50	14,10	373,20	218,20	605,50	141,60	252,90
Bt2	50-90	07,00	341,00	235,80	583,80	133,30	282,90
Bt3	90-165	06,90	418,70	222,00	647,60	114,00	238,40
Bt4	165-205	07,20	370,40	254,50	632,10	125,30	242,60
Btg	205-240	06,20	429,40	210,00	645,60	112,60	241,80
PERFIL 4 – ARGISSOLO AMARELO distrófico abruptico							
A1	0-7	22,50	452,40	217,60	692,50	203,70	103,50
AB	7-23)	13,10	533,80	233,60	780,50	109,30	110,00
Bt1	23-57	09,70	467,90	162,80	640,40	125,80	233,60
Bt2	57-94	13,10	414,30	194,00	621,40	110,60	267,80
Btg	94-155	10,90	417,40	184,30	612,60	123,20	264,10

Características micromorfológicas

Foram realizadas descrições micromorfológicas de todos os horizontes Bw e Bt dos perfis de solos. A relação esqueleto/plasma é alta em todas as lâminas, sendo o esqueleto formado por grãos de quartzo entre 0,05 e 0,4 mm de diâmetro, bem selecionados e subarredondados.

A microestrutura é definida por microagregados intergranulares, fortemente desenvolvidos, menores que 0,5 mm, predominam nos horizontes Bw e Bt e definem a trama enáulica (Figura 1a). Nos horizontes Bt e Btg dos solos com gradiente abruptico, ocorrem blocos subangulares, porém com pedalidade

fracamente desenvolvida, definindo trama porfírica pouco expressiva (Figura 1b).

Assim como as análises morfológicas, as análises micromorfológicas evidenciam a intensa porosidade em todos os horizontes analisados como a principal propriedade destes solos, sendo caracterizadas micro, meso e macroporosidades.

Os agregados granulares originam a macro e mesoporosidade de arranjo e os grãos do esqueleto quartzoso originam macroporosidade de empilhamento. Quando a porosidade de empilhamento é “fechada” por agregados granulares, origina-se a porosidade cavitária interagregada, com tamanhos de poros que variam de 0,05 a 2 mm.

Quadro 2. Atributos químicos dos solos

Horiz	pH			M.O g kg ⁻¹ C	P mg kg ⁻¹	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H +Al	SB	T	V	m
	H ₂ O	KCl	CaCl ₂												
LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico															
Ap	4,6	4,0	4,3	20	5	0,02	0,14	1,20	0,70	0,40	3,50	2,06	5,56	37	16
BA	4,6	3,8	4,0	10	2	0,03	0,07	0,60	0,20	1,00	3,00	0,90	3,90	23	53
Bw ₁	4,3	3,8	3,8	10	2	0,02	0,11	0,20	0,10	1,30	3,30	0,43	3,73	12	75
Bw ₂	4,4	4,0	3,9	5	3	0,03	0,16	0,20	0,10	0,60	2,30	0,49	2,79	18	55
ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico															
Ap	5,0	4,3	4,4	23	5	0,02	0,21	0,11	0,90	0,20	3,00	2,23	5,23	43	8
AB	4,8	4,1	4,4	13	3	0,02	0,10	0,70	0,40	0,20	2,90	1,22	4,12	30	14
BA	4,5	3,9	4,0	8	3	0,03	0,08	0,60	0,20	0,90	2,80	0,91	3,71	25	50
Bt ₁	4,5	4,0	4,1	5	3	0,03	0,12	0,21	0,20	0,80	2,70	0,55	3,25	17	59
Bt ₂	5,0	4,1	4,0	5	2	0,03	0,42	0,10	0,10	0,90	2,20	0,65	2,85	23	58
Bt ₃	5,0	4,1	4,1	5	3	0,03	0,36	0,10	0,10	0,70	2,00	0,59	2,59	23	54
Bw	4,7	4,2	4,2	5	2	0,03	0,19	0,10	0,10	0,90	2,20	0,42	2,62	16	68
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico latossólico															
Ap	4,7	4,1	4,3	10	2	0,03	0,17	0,60	0,30	0,30	2,70	1,10	3,80	29	21
BA	4,3	3,9	4,0	10	2	0,02	0,09	0,60	0,10	0,90	3,20	0,81	4,01	20	53
Bt ₁	4,6	3,9	4,1	8	2	0,03	0,06	0,50	0,30	0,90	3,30	0,89	4,19	21	50
Bt ₂	4,3	4,0	4,1	5	2	0,03	0,10	0,10	0,30	0,90	2,70	0,53	3,23	16	63
Bt ₃	4,8	4,2	4,2	5	2	0,02	0,14	0,10	0,30	0,50	2,00	0,56	2,56	22	47
Btg	4,7	4,2	4,0	5	2	0,02	0,22	0,10	0,10	1,00	2,50	0,44	2,94	15	69
ARGISSOLO VERMELHO distrófico abruptico															
A	5,6	4,8	4,8	28	6	0,02	0,26	0,13	1,00	1,00	2,70	2,58	5,28	49	4
AB	5,0	4,3	4,5	15	3	0,02	0,18	0,70	0,50	2,00	2,70	1,40	4,10	34	13
Bt ₁	4,6	4,0	2,9	13	2	0,02	0,09	0,90	0,30	1,00	3,40	1,31	4,71	28	43
Bt ₂	4,5	4,1	4,1	8	2	0,02	0,09	0,40	0,30	0,90	2,90	0,81	3,71	22	53
Bt ₃	4,7	4,0	4,0	5	2	0,02	0,24	0,20	0,20	0,90	2,30	0,66	2,96	22	58
Bt ₄	4,6	3,9	4,0	5	2	0,03	0,18	0,10	0,30	1,30	2,30	0,61	2,91	21	68
Btg	4,6	4,0	3,9	5	3	0,03	0,16	0,10	0,60	1,20	2,40	0,89	3,29	27	67
ARGISSOLO AMARELO distrófico abruptico															
A ₁	5,4	4,7	4,9	28	8	0,3	0,50	2,20	1,50	0	4,00	4,23	8,23	51	0
AB	5,0	4,6	4,6	8	2	0,3	0,04	1,00	0,30	0,10	2,30	1,37	3,67	37	7
Bt ₁	4,6	4,1	4,2	10	3	0,3	0,08	0,80	0,30	0,50	2,80	1,21	4,01	30	29
Bt ₂	4,5	3,9	3,9	5	3	0,3	0,12	0,30	0,30	1,10	2,50	0,75	3,25	23	59
Btg	4,6	4,1	4,2	8	3	0,2	0,15	0,20	0,50	0,70	2,40	0,87	3,27	27	45

Nos horizontes Bt com estrutura em blocos subangulares, a porosidade é intragregada fissural, originada por ciclos de secamento e umedecimento dos solos e cavitária; nas porções menos densas, é inter-agregada de arranjo, conferindo o aspecto dispersivo destes agregados. Nota-se, ainda, intensa macroporosidade em todos os perfis decorrente da bioturbação, caracterizada por ortotúbulos mili a centimétricos e câmaras centimétricas.

As feições de iluviação constituem as principais evidências de processos pedogenéticos. Neste sistema pedológico, as feições de iluviação são constituídas por

revestimentos de argila (Bullock et al., 1985) ou cutãs (Brewer, 1976) e hiporevestimentos, que ocorrem em todos os horizontes texturais. Os cutãs preenchem a porosidade de empilhamento nos horizontes Bt e Btg e apresentam aspecto zonado, com cores vermelhas e amarelas, indicando que houve segregação de Fe (Figura 1c).

Nos horizontes Bt e Btg dos Argissolos, ocorrem hiporevestimentos externos de grãos associados aos blocos subangulares que se apresentam com linhas de extinção difusas, indicando que as partículas de argila estão parcialmente orientadas entre si (Figura 1d).

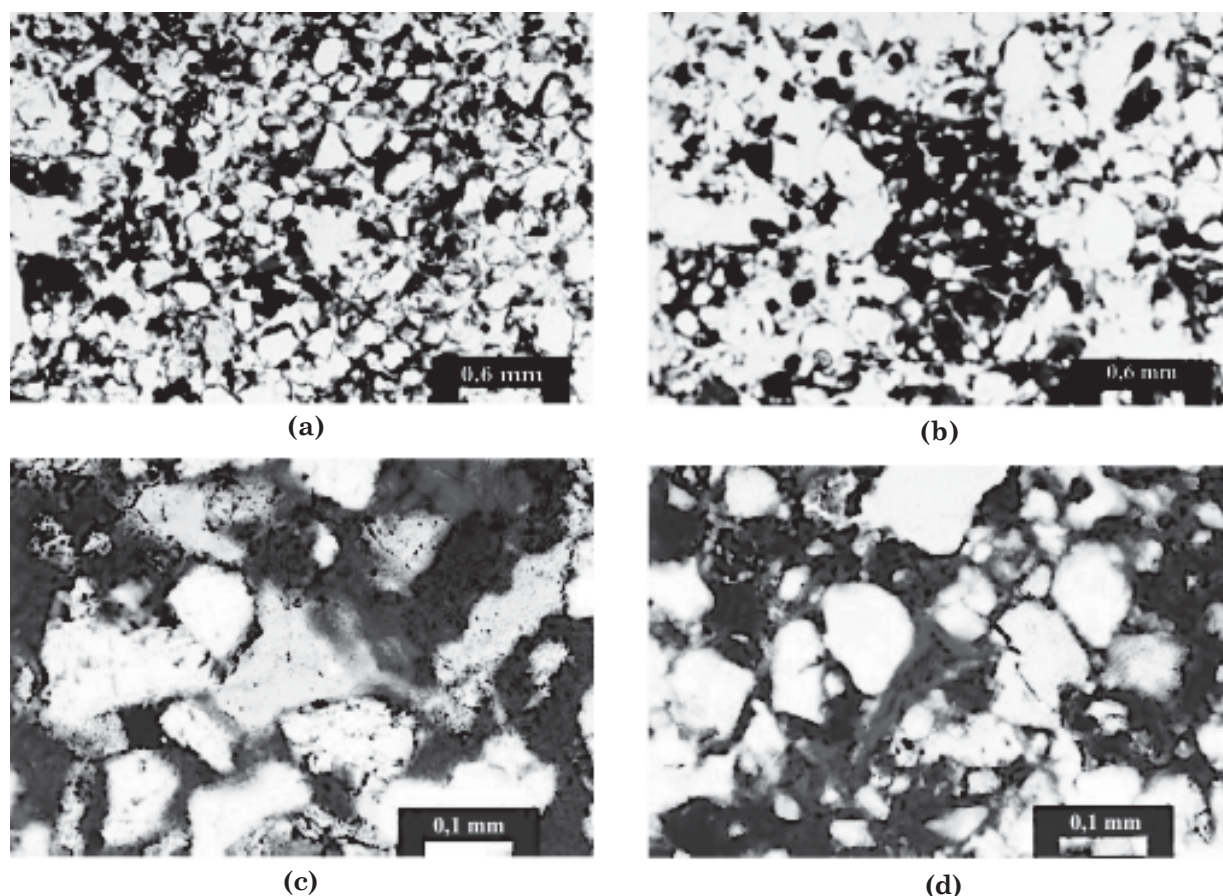


Figura 1. Fotomicrografia das principais características micromorfológicas dos solos analisados. (a) estrutura enáulica e porosidade de empilhamento; (b) bloco subangular com microfissuras e porosidade cavitária; (c) revestimento de argila junto à porosidade; (d) hiporrevestimento dentro de bloco subangular.

Dinâmica dos solos ao longo da vertente

Os hiporrevestimentos são feições pedológicas de fábrica (separações plásmicas), resultantes do rearranjo “in situ” do plasma no interior dos agregados e de deformações plásticas (Castro, 1989), induzidas por alternância de ciclos de umedecimento e secamento dos solos, a partir da instalação de fluxo lateral por meio do entalhamento do relevo (Moniz & Buol, 1982). O aumento do fluxo lateral da solução do solo, além de aumentar o número de ciclos de umedecimento e secamento, também pode favorecer a deposição de argila eluviada (Vidal-Torrado & Lepsch, 1993).

Os hiporrevestimentos observados estão associados a blocos subangulares e evidenciam que o mecanismo de transformação Bw – Bt foi por transferência de matéria ao longo da vertente, constituindo, portanto, feições pedorreliquiarias. Os cutãs ocorrem tanto na mesma situação que os hiporrevestimentos, quanto preenchendo a porosidade de empilhamento entre os microagregados intergranulares, sendo a última de ocorrência restrita.

Na dinâmica atual deste sistema de solos, está ocorrendo degradação dos horizontes texturais,

evidenciado pelo predomínio da trama enáulica em detrimento da trama porfirica e predomínio da porosidade de empilhamento dos grãos do esqueleto e de arranjo entre os microagregados, indicando perda de argila do sistema.

Associado à degradação dos solos, ocorre haploidização dos horizontes pela fauna, que pode ser muito intensa em solos bem drenados associados a superfícies antigas (Lepsch & Buol, 1988). Além do processo de latossolização deste sistema, está ocorrendo hidromorfismo por oscilação do nível freático dos solos situados no sopé da vertente, que apresentam horizontes glei sotopostos a horizontes texturais, caracterizados pela presença de mosqueados e cores acinzentadas e nódulos milimétricos de Fe e argila.

CONCLUSÕES

1. Os solos apresentaram baixa capacidade de retenção de soluções, favorecendo a lixiviação de elementos por apresentarem os horizontes subsuperficiais pobres em matéria orgânica, com alta

proporção de Al trocável, predomínio de argilominerais tipo 1:1, intensa porosidade e predominância de agregados granulares.

2. Os solos estudados constituem um sistema frágil, no qual a disposição de quaisquer tipos de resíduos requer o monitoramento constante de suas propriedades, tanto para a manutenção quanto para a recuperação da qualidade desta cobertura pedológica.

LITERATURA CITADA

- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York, Robert E. Krieger Publishing, 1976. 482p.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. Albrington, Waine Research, 1985. 152p.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106)
- CASTRO, S.S. Sistemas de transformação pedológica em Marília, SP. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1989. 274p. (Tese de Doutorado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Brasília, 1997. 212p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981. Escala:1: 500.000.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHUMAN, G.E. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J., 61:4-10, 1997.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 45p.
- LEPSCH, I.F. & BUOL, S.W. Oxisol-landscape relationships in Brazil. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., Rio de Janeiro, 1986. Proceedings. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLC, 1988. p.174-189.
- MEKARU, T. & UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36:296-300, 1972.
- MONIZ, A.C. & CARVALHO, A. Sequência de evolução de solos derivados do arenito Bauru e de rochas básicas do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 17:309-335, 1973.
- MONIZ, A.C. & BUOL, S.W. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil: Lateral dynamics of chemical weathering. Soil Sci. Soc. Am. J., 46:1234-1239, 1982.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.A. Análise de solos para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 165p.
- SEYBOLD, C.A.; MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L. & ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET R.F. & STEWART, B.A., eds. Soil process and the carbon cycle. Boca Raton, CRC Press, 1998. p.387-404.
- SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Till. Res.*, 87:194-204, 2006.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I.F. Morfogênese dos solos de uma topossequência com transição B latossólico/ B textural sobre migmatitos em Mococa (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 17:109-119, 1993.

