

Comissão 1.2 - Levantamento e classificação do solo

RELAÇÕES SOLO-SUPERFÍCIE GEOMÓRFICA EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA VÁRZEA-TERRA FIRME NA REGIÃO DE HUMAITÁ (AM)⁽¹⁾

Milton César Costa Campos⁽²⁾, Mateus Rosas Ribeiro⁽³⁾, Valdomiro Severino de Souza Júnior⁽⁴⁾, Mateus Rosas Ribeiro Filho⁽⁴⁾ & Maria da Conceição de Almeida⁽⁵⁾

RESUMO

O conceito de superfície geomórfica permite uma interligação entre os diferentes ramos da ciência do solo, tais como geologia, geomorfologia e pedologia. O objetivo deste trabalho foi estudar as relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência de 4.500 m na transição várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM). Do divisor de águas até a planície do rio Madeira, as superfícies geomórficas foram identificadas com base na ruptura do declive do terreno, em critérios estratigráficos e em outras observações de campo. Foram abertas trincheiras nos segmentos mapeados da topossequência, os perfis de solos foram caracterizados morfológicamente e amostras foram coletadas de seus horizontes. Foram realizadas análises físicas de granulometria, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, densidade das partículas, porosidade total e condutividade hidráulica do solo saturado. As análises químicas incluíram pH em água e KCl; Ca, Mg, K, Na e Al trocáveis; P disponível; H + Al e C orgânico; SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ do ataque sulfúrico; Fe “livre” extraído com ditionito-citrato-bicarbonato; e ferro mal cristalizado, extraído com oxalato de amônio. Os índices Δ pH, relação silte/argila, Ki e Fe_d/Fe_t indicaram solos mais intemperizados na parte mais elevada da paisagem em comparação ao declive de infiltração, declive convexo e sopé aluvial, coincidindo com a maior idade da superfície geomórfica I em relação às superfícies geomórficas II e III. As variações dos solos na transeção estudada mostraram solos mais intemperizados nos ambientes de terra firme

⁽¹⁾ Parte da Tese Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recebido para publicação em 3 de maio de 2011 e aprovado em 9 de fevereiro de 2012.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Rua 29 de Agosto 786, Centro, CEP 69800-000 Humaitá (AM). E-mails: agromccc@yahoo.com.br; mcesarsolos@ufam.edu.br

⁽³⁾ Professor Associado do Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Av. Dom. Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife (PE). Bolsista do CNPq. E-mail: mrosas@depa.ufrpe.br

⁽⁴⁾ Professores do Departamento de Agronomia, UFRPE. E-mails: vsouzajr@yahoo.com; mateusrf@depa.ufrpe.br

⁽⁵⁾ Doutoranda em Ciências do Solo, UFRPE. E-mail: marycalmeida07@hotmail.com

quando comparados aos solos dos ambientes de várzeas. O entendimento dos eventos geomórficos favoreceu a compreensão da variação dos atributos dos solos na topossequência.

Termos de indexação: superfície geomórfica, Amazônia, pedogênese, relações solo-paisagem.

SUMMARY: *RELATIONS OF THE SOIL WITH THE GEOMORPHIC SURFACE IN A "VÁRZEA-TERRA FIRME" TOPOSEQUENCE IN THE HUMAITÁ REGION, AMAZONIA*

The geomorphic surface concept allows interrelationship among various branches of soil sciences, such as geology, geomorphology and pedology. The purpose of this study was to investigate soil-geomorphic surface relations along an upland-downland toposequence in the region of Humaitá, Amazonas State, Brazil. A transect of 4,500 m was studied from the water divide downstream to the flood plain of the Madeira river. The geomorphic surfaces were identified based on the slope rupture, stratigraphic criteria and on other field observations. Trenches were dug in the identified slope segments, the soils were morphologically characterized and samples collected from each horizon. The physical properties particle size distribution, water dispersible clay and flocculation degree, soil and particle density, total porosity, and saturated hydraulic conductivity were determined. Chemical analysis involved pH in water and KCl; exchangeable Ca, Mg, K, Na, and Al; available P, Al + H and organic C; total SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃ by sulfuric acid digestion; free iron oxides extracted with dithionite-citrate-bicarbonate and poor crystalline iron oxides with ammonium acid oxalate. The values of ΔpH, silt/clay, Ki and Fe_d/Fe_t ratio indicated more weathered soils at the top of the landscape, than along the infiltration slope, convex slope and alluvial footslope, coinciding with the older age of the soils of the geomorphic surface I than of II and III. The soil variations in the studied transect were related to the surface age, parent material and slope gradient. The understanding of the geomorphic events was important to explain the variation of soil properties in the toposequence.

Index terms: geomorphic surfaces, Amazon region, pedogenesis, soil-landscape relations.

INTRODUÇÃO

As diferentes configurações e posições do terreno dão indicações acerca da evolução do relevo e interferem no tempo de exposição dos materiais de origem e na intensidade e direção dos fluxos de água no perfil que regulam os processos pedogenéticos. Dessa forma, o uso e as aplicações dos conceitos de modelos de paisagem que consideram as pequenas variações na inclinação e forma do relevo constituem uma importante ferramenta para entender o comportamento e a gênese do solo (Bui, 2004).

Entre esses modelos de evolução da paisagem, destaca-se o proposto por Ruhe (1956), o qual afirma que uma superfície geomórfica é uma porção de terra definida no espaço e no tempo. Daniels et al. (1971) acrescentam que essas superfícies têm limites geográficos definidos e são formadas por um ou mais agentes num determinado período de tempo. Assim, o entendimento das relações entre solos e superfícies geomórficas constitui um excelente instrumento para compreender a distribuição espacial dos

solos na paisagem e auxiliar nos levantamentos pedológicos e no planejamento de uso da terra (Bockheim et al., 2005).

Nas várias regiões do Brasil, diversos trabalhos utilizaram os conceitos de superfícies geomórficas: na região Sudeste, Lepsch et al. (1977), Teramoto et al. (2001), Cunha et al. (2005) e Campos et al. (2007); na região Centro-Oeste, Uberti & Klamt (1984) e Motta et al. (2002); e, no norte do Brasil, estudos realizados por Demattê et al. (1994), Andrade et al. (1997) e Campos et al. (2011) utilizaram os conceitos de superfícies geomórficas em ambientes amazônicos.

Apesar disso, poucas são as informações sobre a distribuição e o comportamento dos solos e suas relações com a disposição do relevo na região amazônica (Campos et al., 2011). Essa região apresenta grande diversidade de ambientes e, conseqüentemente, de solos, conforme destacado por Lima et al. (2006), estudando transição várzea-terra firme na região do Alto Solimões; Campos et al. (2010a), que estudaram atributos do solo em

uma topossequência de transição campos/floresta; e Campos et al. (2010b), que pesquisaram as relações entre os segmentos de vertente e atributos do solo em uma topossequência na região de Manicoré (AM).

Portanto, a associação entre os conceitos de superfícies geomórficas e os atributos do solo pode ser uma forma eficiente de compreender as variações dos solos na paisagem. O objetivo deste trabalho foi estudar as relações solo-paisagem em uma topossequência de transição várzea/terra firme na região de Humaitá (AM), visando compreender a distribuição dos solos e auxiliar nos levantamentos de solos e no planejamento do uso da terra.

MATERIAL E MÉTODOS

O meio físico

A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Humaitá e apresenta uma área total de 468.790 ha, no município de Humaitá – Amazonas, nas coordenadas geográficas de 7° 30' 22" S e 63° 01' 15" W. Caracteriza-se de forma generalizada pela presença de dois ambientes distintos: as várzeas, que margeiam os rios de águas barrentas, abundantes em material suspenso, sujeitas à inundação sazonal; e as áreas de terra firme, que são ambientes mais estáveis e que não recebem influência contemporânea das enchentes do rio (Rodrigues & Oliveira, 1997). Com relação à geologia, a área de estudo é formada por materiais sedimentares de natureza distinta, uma planície fluvial constituída por sedimentos aluviais recentes, holocênicos, e uma parte de terra firme formada por argilitos e siltitos da Formação Solimões, do Plioceno Médio – Pleistoceno Superior, provenientes de deposições de ambientes continentais, fluviais e lacustres (Brasil, 1978).

O relevo da região é variado, estando uma parte inserida na província geomorfológica de acumulação da Planície Fluvial, que é constituída por uma área aplainada resultante de acumulação fluvial, periódica ou permanentemente alagada, e a outra parte localizada em formas dissecadas de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado, separados geralmente por vales em “V” e, ou, localmente, por vales de fundo plano (Brasil, 1978).

De acordo com o ZEE-AM (2008), os solos da região são classificados como Latossolos Amarelos e Gleissolos. A vegetação característica é a Floresta Tropical Densa, constituída por árvores multiestratificadas entre 20 e 50 m de altura.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração (Am), temperaturas variando entre 25 e 27 °C e

precipitação pluvial média anual de 2.500 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho; a umidade relativa do ar está entre 85 e 90 % (Brasil, 1978).

Métodos de campo, laboratório e escritório

A topossequência englobou as diferentes superfícies geomórficas encontradas, que foram identificadas e delimitadas conforme critérios topográficos, como “quebra” de declive (variação da inclinação) e identificação do material de origem (Ruhe, 1956; Daniels et al., 1971) (Figura 1).

Com base no modelo de Dalrymple et al. (1968), foram reconhecidos os segmentos de vertente, baseando-se principalmente na inclinação do terreno, cuja finalidade foi estabelecer relações entre as unidades da topossequência (topo, declive de infiltração, declive convexo, sopé aluvial) e suas relações com as superfícies geomórficas.

Foram abertas trincheiras nos diversos segmentos de encosta, para caracterização morfológica, física e química. Os perfis dos solos foram descritos morfológicamente, e as amostras, coletadas em todos os seus horizontes, segundo Santos et al. (2005). Após avaliação dos resultados laboratoriais, os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com Embrapa (1997). A textura foi determinada pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 10 min. A fração argila foi separada por sedimentação; as areias, grossa e fina, por tamisação; e o silte, calculado por diferença.

A densidade do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico, e a densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico. A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e das partículas. A condutividade hidráulica saturada dos solos foi determinada em amostras deformadas de terra fina seca ao ar (TFSA).

Nas análises químicas foram determinados Ca, Mg, Al, K e Na trocáveis, P disponível e a acidez potencial (H + Al). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (T), a saturação por bases (V %) e a saturação por Al (m). O pH foi determinado potenciometricamente, utilizando-se relação 1:2,5 de solo, em água ou KCl. O C orgânico total foi determinado pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988).

Na TFSA, foram determinados os óxidos por meio do “método do ataque sulfúrico” (Al₂O₃ e Fe₂O₃

por digestão com H_2SO_4 1:1, seguido de dissolução alcalina para determinação do SiO_2), segundo Embrapa (1979).

As formas cristalinas de ferro (Fe_d), alumínio (Al_d) e silício (Si_d) foram extraídas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), pelo método de Mehra & Jackson (1960). Na extração dos óxidos mal cristalizados de ferro (Fe_o), alumínio (Al_o) e silício (Si_o) foi utilizado o oxalato ácido de amônio (Camargo et al., 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das superfícies geomórficas

A superfície geomórfica I compreende a área plana e elevada da paisagem (70 a 71 m), por apresentar maior altitude e menor inclinação. A superfície geomórfica II (69 a 45 m) inicia-se com um plano a partir da borda da primeira superfície e, em seguida, apresenta uma inclinação acentuada – possivelmente foi originada a partir de processos erosivos. A superfície geomórfica III, por sua vez, inicia-se a partir da concavidade terminal da superfície geomórfica II e caracteriza-se por variações menos acentuadas de declividade que as anteriores, tendo uma encosta rejuvenescida, de caráter deposicional, com altitudes variando entre 44 e 42 m – é representada apenas pelos terraços fluviais holocênicos (Figura 1). De acordo com Phillips (2004), as superfícies geomórficas mais

velhas são mais estáveis e coincidem com o ambiente mais plano do divisor de águas da paisagem, enquanto as superfícies mais jovens ocorrem nos ambientes de maior instabilidade dos atributos do solo.

Atributos morfológicos dos solos

O solo predominante na superfície geomórfica I apresentou sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2-Bw3-Bw4; é muito profundo e acentuadamente drenado. Esse solo apresentou cores mais escuras nos horizontes superficiais (A e AB), influenciadas pelos teores de C orgânico, passando, com o aumento da profundidade, para cores amareladas no matiz 10YR, para todos os horizontes, exceto para o Bw4, que apresentou cor vermelho-amarelada no matiz 5YR (Quadro 1).

No segmento do declive de infiltração da superfície geomórfica II, foi descrito um solo com textura muito argilosa, A moderado e com sequência de horizontes: A-AB-BA-Bw-Bwf1-Bwf2-Bwf3. Neste solo foi observado um horizonte plântico, provavelmente devido à presença de excesso de água no período chuvoso, resultante dos fluxos de água advindos da superfície geomórfica I, de posição mais alta na paisagem. Em relação à cor, ocorrem tons bruno-acinzentado nos horizontes superficiais (A e AB) e bruno-forte e amarelo-avermelhado em profundidade. A partir de 70 cm ocorrem mosqueados abundantes de cor vermelha, caracterizando o caráter plântico, que corresponde aos horizontes Bwf1, Bwf2 e Bwf3 (Quadro 1).

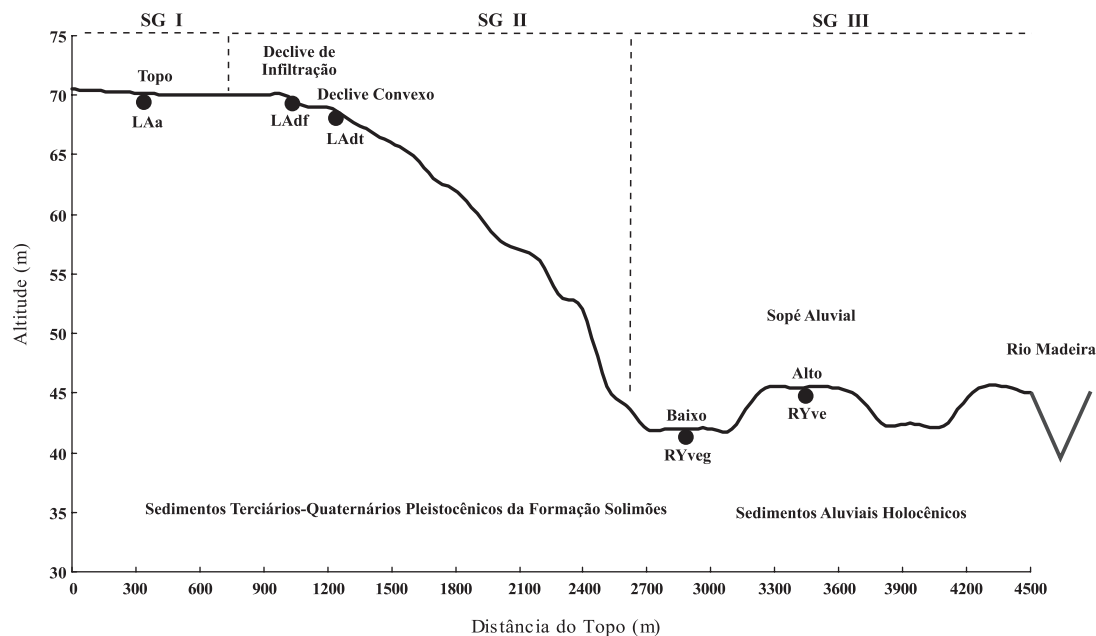


Figura 1. Perfil topográfico, superfícies geomórficas, segmentos de vertente e respectivas classes de solos, em um ambiente várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM). SG I, SG II e SG III = superfícies geomórficas I, II e III, respectivamente.

Quadro 1. Atributos morfológicos dos solos nos segmentos de vertentes inseridos nas superfícies geomórficas em uma topossequência de transição várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM)

Segmento de Vertente	Hor.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmida)		Textura	Estrutura ⁽²⁾	Consistência ⁽³⁾ (seco, úmido, molhado)	Transição ⁽⁴⁾
			Matriz	Mosqueado ⁽¹⁾				
Superfície Geomórfica I – LAa								
Topo	A	0-16	10YR 4/3	-	franco argilosa	fo., méd. a gr. gran.	mac., mfri, lig. plás. lig.peg.	gra. e pla.
	AB	16-30	10YR 4/3	-	franco argilosa	fo., méd. a gr. gran.	mac., fri., plás, peg.	gra. e pla.
	BA	30-48	10YR 4/6	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw1	48-79	10YR 5/6	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw2	79-115	10YR 6/8	-	franco argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	lig.dr., fri., mplás, mpeg.	cla. e pla.
	Bw3	115-149	10YR 5/8	-	argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	lig.dr., fri., mplás, mpeg.	cla. e pla.
	Bw4	149-180+	5YR 5/8	-	argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e gran.	dr., fri., mplás, mpeg.	-
Superfície Geomórfica II – LAdf								
Declive de Infiltração	A	0-13	10YR 4/2		argila	mod. méd. a gr. gran.	mac., mfri, lig. plás. lig.peg.	cla. e pla.
	AB	13-30	10YR 5/3		argila	mod. méd. a gr. gran.	lig.dr., mfri., lig. plás. lig.peg.	gra. e pla.
	BA	30-44	10YR 5/8		argila	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., lig. plás. lig.peg.	abr. e pla.
	Bw	44-70	7,5YR 5/8	5 YR 4/6, po. peq. dis.	muito argilosa	mod. peq. a méd. bl. sub.	lig.dr., fri., lig. plás. lig.peg.	abr. e pla.
	Bwf1	70-96	7,5YR 6/8	2,5 YR, ab. méd. e dis.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. sub.	mdr., fri., plás., peg.	cla. e pla.
	Bwf2	96-124	7,5YR 6/8	2,5 YR 5/8, ab. gr. e pro.	muito argilosa	fr. peq. a méd. bl. sub.	ext.dr., fri., lig. plás., peg.	abr. e pla.
	Bwf3	124-190	7,5YR 6/8	2,5 YR 4/8, ab. gr. e pro.	muito argilosa	fr. méd. bl. sub.	ext.dr., mfri., lig. plás., peg.	-
Superfície Geomórfica – II – Ladt								
Declive convexo	Ap	0-10	7,5YR 5/6		franco-argilo-arenosa	mod. peq. gran.	lig.dr., mfri., nplás, npeg.	gra. e ond.
	BA	10-30	7,5YR 5/6		franco-argilo-arenosa	fr. peq. bl. sub.	lig.dr., fri., lig. plás. lig.peg.	cla. e pla.
	Bw1	30-55	7,5YR 5/6		argila	mod. peq. a méd. bl. sub. e ang.	dr., fri., plás, peg.	cla. e pla.
	Bw2	55-94	7,5YR 5/8		argila	mod. peq. bl. ang. a bl. sub.	lig.dr., fri., lig. plás., peg.	gra. e ond.
	Bw3	94-136	7,5YR 5/8		franco-argilo-arenosa	fr. méd. bl. ang. a sub	mac., fri, lig. plás. lig.peg.	gra. e pla.
	2BC	136+	7,5YR 5/6		franco arenosa	fr. méd. bl. sub	mac., fri, lig. plás. lig.peg.	-
Superfície Geomórfica – III- RYveg								
Sopé Aluvial Alto	A	0-18	5YR 4/2	-	franco-argilo-siltosa	fr. peq. a méd. gran.	mdr., fri., plás., lig.peg.	gra. e pla.
	AC	18-51	7,5YR 6/3	5YR 5/8, po. méd. dif.	franco-argilo-siltosa	fr. méd. prism.	lig.dr., mfri., lig. plás., lig.peg.	gra. e pla.
	C1	51-89	10YR 5/3	7,5YR 5/6 po. méd. dif.	franco-argilo-siltosa	fr. méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., lig. plás., lig.peg.	gra. e pla.
	C2	89-120	10YR 5/3	7,5YR 5/6 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	fr. méd. bl. ang. e sub.	lig.dr., fir., mplás., mpeg.	gra. e ond.
	C3	120-150	10YR 5/3	10YR 5/8 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	mod. gr. prism.	mdr., mfri., mplás., mpeg.	gra. e ond.
	C4	150-200	10YR 6/4	10YR 5/8 ab. méd. pro.	argilo-siltosa	fr. gr. prism.	mac., fir., lig. plás., lig.peg.	gra. e pla.
Superfície Geomórfica – III- RYve								
Sopé Aluvial Baixo	A	0-23	10YR 4/2	5YR 5/8, po. peq. dis.	argilo-siltosa	fr. peq. a méd. gran.	dr., fir., plás., lig.peg.	dif. e pla.
	AC	23-58	10YR 4/3	5YR 5/6, ab. méd. dis.	argilo-siltosa	fr. méd. bl. ang.	lig.dr., fir., lig. plás., lig.peg.	cla. e pla.
	C1	58-91	7,5YR 5/3	5YR 5/8, ab. gr. dis.	argilo-siltosa	mod. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	cla. e pla.
	Cg	91-123	10YR 7/1	7,5YR 5/6 ab. gr. pro.	argilo-siltosa	mod. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	gra. e pla.
	C2	123-165	7,5YR 6/3	5YR 5/8, ab. gr. pro.	argilo-siltosa	mo. gr. bl. ang. a bl. sub.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	gra. e pla.
	C3	165+	10YR 4/3	2,5YR 5/8, ab. gr. pro	argilo-siltosa	mo. gr. bl. ang.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	-

⁽¹⁾ po.: pouco; co.: comum; ab.: abundante; dif.:difuso, dis.: distinto; pro.: proeminente. ⁽²⁾ fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares; prism.:prismática. ⁽³⁾ so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso. ⁽⁴⁾ cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa; abr.:abrupta.

Ainda na superfície geomórfica II, no declive convexo da topossequência, foi descrito solo com textura média/argilosa, A moderado. Esse solo tem boa drenagem, com sequência de horizontes Ap-BA-Bw1-Bw2-Bw3-BC, apresentando uma linha de seixos no início do horizonte BC, com espessura de 8 cm a uma profundidade de 94 cm, evidenciando a natureza alóctone do material depositado acima dela. Além disso, esse solo apresentou coloração bruno-forte ao longo de todo o perfil, com matiz de 7,5 YR, com modificações apenas nos valores do croma (Quadro 1).

A superfície geomórfica III apresentou um solo de textura argilosa, A moderado, na posição mais rebaixada da paisagem, enquanto o outro solo apresentou textura siltosa/argilosa, A moderado, ambos no sopé aluvial e desenvolvidos a partir de sedimentos holocênicos depositados pelas cheias sazonais do rio. Apesar da posição rebaixada e sujeita à inundação, os solos não apresentaram lençol freático alto nem gleização forte, sendo classificados ambos como Neossolos Flúvicos. Por outro lado, apresentaram alta atividade de argila ($\geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), sendo classificados como Ta eutróficos, em virtude da saturação por bases maior que 50%. A alta saturação por bases deve-se, provavelmente, à origem andina e subandina dos sedimentos (Lima, 2001).

Os solos no sopé aluvial mostraram sequências de horizontes semelhantes, sendo A-AC-C1-Cg-C2-C3 no sopé aluvial baixo e A-AC-C1-C2-C3-C4, no sopé aluvial alto. Nesses ambientes foram constatados mosqueados a partir do horizonte superficial, no sopé baixo, e a partir do AC, no sopé alto. A presença de mosqueados deve-se à baixa permeabilidade e ao período de inundação. A condição de rebaixamento do sopé de deposição baixo, que sofre inundação mais prolongada, favorece o desenvolvimento de uma camada gleizada Cg, a 90 cm de profundidade (Figura 1).

De forma geral, todos os solos apresentaram maiores proporções das frações mais finas (argila e silte), e apenas o horizonte A do solo do declive convexo da paisagem exibiu valores mais elevados da fração areia. Considerando os solos por ambientes geomórficos, observou-se que o solo do topo da paisagem tem textura argilosa, no declive de infiltração, textura argilosa e muito argilosa e, no declive convexo, textura média e argilosa. Na área de sopé aluvial observou-se textura argilo-siltosa nos dois solos estudados. Nesse caso, os acentuados conteúdos de silte dos Neossolos devem-se às contribuições trazidas pela água do rio, conforme destacam Lima et al. (2006).

A estrutura variou em função do tipo de solo e do ambiente geomórfico. O solo da superfície geomórfica I apresentou agregados granulares

a blocos angulares e subangulares, pequenos a médios e com grau moderado de desenvolvimento (Quadro 1); o seu desenvolvimento estrutural foi favorecido pela estabilidade do ambiente, que permitiu a concentração de C orgânico, propiciando assim maior agregação e estabilidade da estrutura do solo.

No declive de infiltração da superfície geomórfica II, o solo apresentou estrutura com agregados granulares e em blocos subangulares, com grau de desenvolvimento moderado, enquanto no declive convexo da topossequência ele exibiu estrutura com agregados predominantemente em blocos angulares e subangulares, com grau de desenvolvimento variando de fraco a moderado (Quadro 1). Para os solos da superfície geomórfica III foi observado grau de desenvolvimento dos agregados variando também de fraco a moderado, com agregados variando de blocos angulares e subangulares a prismáticos, demonstrando um indicativo da maior variabilidade e presença de argilas de atividade alta nesse ambiente (Quadro 1). Vale salientar que neste último ambiente as inundações periódicas possivelmente interferem na formação e estabilização dos agregados, já que os agentes cimentantes e ligantes (sílica coloidal, sesquióxidos de Fe e Al e C orgânico) são constantemente removidos pela ação da água (Lima et al., 2005).

De acordo com Silva et al. (2001), a drenagem dos solos, condicionada pela posição topográfica, tem forte relação com o tipo de estrutura, pois solos moderadamente a bem drenados tendem a apresentar estrutura com agregados granulares ou em blocos angulares e subangulares pequenos, ao passo que solos mal a imperfeitamente drenados tendem a exibir agregados com estrutura-padrão em prismas poligonais.

Atributos físicos do solo

Observou-se que os teores de argila e silte tendem a aumentar no sentido das superfícies geomórficas mais rejuvenescidas, ou seja, da superfície geomórfica I para a III, em sentido oposto, logicamente, aos teores de areia total, fato que reflete a natureza sedimentar recente, pois os solos desses ambientes geomórficos guardam estreita relação com o material de origem, sedimentos provenientes das regiões andina e subandina, transportados pelos rios e depositados na planície aluvial (Lima, 2001) (Quadro 2). Além disso, Uberti & Klamt (1984), estudando as relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul, afirmaram que a declividade do terreno pode influenciar grandemente na composição granulométrica do solo, pois a ação dos processos de transporte é favorecida pela declividade em detrimento do intemperismo.

Quadro 2. Atributos físicos dos solos nos segmentos de vertentes inseridos nas superfícies geomórficas em uma topossequência de transição várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM)

SV ⁽¹⁾	Hor.	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	GF	S/A	Ds	Dp	Pt	CHSS
		cm	g kg ⁻¹					%			— g cm ⁻³ —	%	cm h ⁻¹
Superfície Geomórfica I – LAa													
Topo	A	0-16	26	336	244	394	52	86	0,6	0,9	2,6	65	2,1
	AB	16-30	18	357	229	396	10	97	0,5	1,1	2,5	55	1,0
	BA	30-48	19	338	261	382	2	99	0,6	1,3	2,5	48	1,2
	Bw1	48-79	17	286	287	410	2	99	0,7	1,4	2,7	46	0,3
	Bw2	79-115	15	255	284	446	1	99	0,6	1,3	2,6	49	0,5
	Bw3	115-149	12	197	301	490	1	99	0,6	1,3	2,7	49	3,2
	Bw4	149-180	12	162	335	491	2	99	0,6	1,3	2,7	49	1,4
Superfície Geomórfica II – LAdf													
Declive de Infiltração	A	0-13	15	171	313	501	23	95	0,6	1,0	2,4	58	1,0
	AB	13-30	33	122	343	502	46	90	0,6	1,0	2,5	58	0,2
	BA	30-44	15	131	304	550	22	95	0,5	1,0	2,7	61	0,0
	Bw	44-70	23	144	219	614	1	99	0,3	1,4	2,7	45	0,0
	Bwf1	70-96	22	98	262	618	2	99	0,4	1,4	2,6	46	0,1
	Bwf2	96-124	25	84	270	621	7	98	0,4	1,4	2,5	43	0,0
	Bwf3	124-190	42	139	192	627	9	98	0,3	1,4	2,6	45	0,0
Superfície Geomórfica – II – LAdt													
Declive convexo	Ap	0-10	258	281	196	265	42	83	0,7	1,0	2,5	59	1,2
	BA	10-30	233	251	184	332	72	78	0,5	1,3	2,5	48	0,0
	Bw1	30-55	233	206	106	455	119	73	0,2	1,3	2,7	50	0,0
	Bw2	55-94	201	208	150	441	10	97	0,3	1,4	2,7	45	0,1
	Bw3	94-136	261	217	158	364	8	97	0,4	1,5	2,6	41	1,2
	2BC	136+	415	281	141	163	10	93	0,8	1,6	2,6	39	3,6
Superfície Geomórfica – III – RYveg													
Sopé Aluvial Alto	A	0-18	2	4	626	368	120	67	1,7	1,0	2,5	58	0,0
	AC	18-51	2	3	658	337	58	82	1,9	1,2	2,7	56	0,1
	C1	51-89	3	4	654	339	14	95	1,9	1,1	2,7	57	0,2
	C2	89-120	3	12	500	485	18	96	1,0	1,4	2,6	46	0,1
	C3	120-150	5	13	506	476	19	96	1,1	1,2	2,6	51	0,0
	C4	150-200	7	24	502	467	10	97	1,1	1,4	2,7	50	0,3
Superfície Geomórfica – III – RYve													
Sopé Aluvial Baixo	A	0-23	1	2	464	533	124	74	0,9	1,0	2,8	64	0,0
	AC	23-58	1	1	469	529	51	92	0,9	1,0	2,8	63	0,1
	C1	58-91	3	5	446	546	27	95	0,8	1,1	2,8	59	0,0
	Cg	91-123	3	3	414	580	31	95	0,7	1,1	2,7	59	0,0
	C2	123-165	3	6	412	579	22	96	0,7	1,1	2,7	57	0,0
	C3	165+	5	10	404	581	16	97	0,7	1,3	2,7	50	0,0

⁽¹⁾ Segmento de vertente. GF: grau de floculação; S/A: relação silte/argila; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula; Pt: porosidade total; CHSS: condutividade hidráulica do solo saturado.

Excetuando-se o solo do declive convexo da topossequência, superfície geomórfica II, todos os demais apresentaram elevados teores de areia fina; entretanto, nos ambientes de sopé aluvial, os teores de areia grossa são ainda menores. Esses resultados evidenciam a baixa capacidade da água de transportar sedimentos mais grosseiros até a planície de deposição, uma vez que sedimentos

arenosos e areias médias e finas são transportados da nascente e depositados nas margens ao longo do percurso do rio (Lima, 2001).

A relação silte/argila pode ser utilizada como um índice auxiliar na indicação do grau de intemperismo dos solos (Jacomine, 2005). Verificou-se que esse índice coincide com a idade das superfícies geomórficas, apresentando uma tendência crescente

no sentido da superfície geomórfica III (Quadro 2). Entre os segmentos da topossequência, constatou-se que os maiores valores da relação silte/argila foram observados no sopé aluvial, quando comparados aos demais segmentos (topo, declive convexo, declive de infiltração), coincidindo com os solos de menor grau de pedogênese; isso corrobora os resultados de Campos et al. (2011), que estudaram uma topossequência em Manicoré, Amazonas.

Em relação à densidade do solo, foi observado que os solos comportaram-se de forma semelhante em todos os ambientes estudados, com a Ds variando de 0,91 a 1,48 g cm⁻³, valores dentro do esperado para áreas naturais em ambientes amazônicos, conforme destacaram Ferreira et al. (1999).

Os valores de densidade das partículas obtidos para a área de sopé aluvial (SG III) foram um pouco mais elevados em relação aos demais segmentos da topossequência – resultado atribuído à natureza aluvial e siltosa desse ambiente. A porosidade total apresentou-se mais alta nos horizontes superficiais, refletindo as condições propiciadas sobretudo pela estrutura do solo e pelo sistema radicular das plantas (Quadro 2). A condutividade hidráulica do solo saturado variou em função da textura, apresentando valores mais baixos nos solos de textura mais fina (Quadro 2).

Atributos químicos do solo

Os valores de pH em água e em KCl foram similares em todos os solos estudados; entretanto, o balanço de carga líquida negativa, expressa pelo ΔpH, foi maior nos solos da superfície geomórfica III, o que vem respaldar a afirmação do menor grau de evolução deste solo em relação aos demais (Quadro 3).

Os teores de C orgânico foram mais elevados nos horizontes superficiais dos ambientes geomórficos de topo, terço superior, declive convexo e sopé aluvial alto, quando comparados ao sopé aluvial baixo; esses resultados podem ser atribuídos à pior drenagem e consequente menor decomposição da matéria orgânica desses solos.

Constatou-se aumento do P disponível da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III, ou seja, do ambiente fisiográfico de Terra Firme para a fisiografia de Várzea. Em termos de segmentos da topossequência, observou-se que os dois ambientes de sopé aluvial (alto e baixo) (várzea) apresentaram os resultados mais elevados de fósforo disponível, enquanto o topo mostrou os menores valores (terra firme), concordando com os resultados obtidos por Lima et al. (2005).

Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ apresentaram-se crescentes nos solos, partindo do topo, superfície geomórfica I, para os solos do sopé aluvial, superfície

geomórfica III, em consequência da presença de sedimentos provenientes das regiões andina e subandina, transportados pelos rios e depositados na planície aluvial, e do menor nível de intemperismo e lixiviação (Lima, 2001).

Os valores de Al³⁺ e acidez potencial (H + Al) diminuíram da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III (Quadro 3). Esses resultados devem-se à menor intensidade de ação dos processos de intemperismo, às diferenças de natureza dos sedimentos aluviais recentes e à menor decomposição da matéria orgânica dos solos na superfície geomórfica III, ao passo que na superfície geomórfica I há intenso processo de lixiviação, maior nível de intemperismo, maior pobreza do material originário e rápida e contínua decomposição da matéria orgânica, o que está em conformidade com Andrade et al. (1997), que estudaram uma sequência Latossolo-Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas.

Os valores da SB e CTC apresentaram comportamento similar, com aumento da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III, observando-se, entretanto, que o LAa do topo apresentou CTC variando entre 12,28 e 13,43 cmol_c kg⁻¹, valores mais expressivos que os da CTC do LAdf do declive de infiltração (4,87 e 9,76 cmol_c kg⁻¹) e os do LAdt do declive convexo (2,92 e 9,25 cmol_c kg⁻¹) (Quadro 3).

Os valores da saturação por bases (V %) no solo do topo, superfície geomórfica I, são muito baixos e gradam para valores intermediários no declive de infiltração e declive convexo da superfície geomórfica II, elevando-se no sopé aluvial, superfície geomórfica III (Quadro 3). Já a saturação por alumínio (m) apresenta-se decrescente dos solos da superfície geomórfica I para a superfície geomórfica III (Quadro 3). Segundo Lima et al. (2006), os solos situados na planície aluvial são frequentemente eutróficos, em contraste com os solos bem drenados de terra firme, que apresentam reação ácida, níveis baixos de cátions básicos e alta saturação por Al.

No quadro 4 são apresentados os teores totais de Fe, Si e Al, além de formas cristalinas extraídas por ditionito-citrato-bicarbonato e formas de baixa cristalinidade, extraídas por oxalato ácido de amônio. Constatou-se que os teores totais dos óxidos de Si e Al mostraram tendência de crescimento partindo da superfície geomórfica I no sentido da superfície geomórfica III, apresentando comportamento contrário para os teores totais dos óxidos de Fe.

Verificou-se tendência de aumento dos valores de Ki (SiO₂/Al₂O₃) dos solos LAa da superfície geomórfica I, passando pelo LAdf e LAdt da superfície geomórfica II, até os RYveg e RYve da superfície geomórfica III, evidenciando assim solos mais desenvolvidos nos ambientes mais estáveis

Quadro 3. Atributos químicos dos solos nos segmentos de vertentes inseridos nas superfícies geomórficas em uma topossequência de transição várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM)

SV ⁽¹⁾	Hor.	Prof.	pH		ΔpH	C	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB	T	V	m	
			H ₂ O	KCl														
		cm			g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹					%					
Superfície Geomórfica I – LAa																		
Topo	A	0-16	4,6	4,2	-0,4	13,8	0,9	0,1	0,1	0,1	0,0	4,9	12,4	0,3	12,7	2	94	
	AB	16-30	5,0	4,1	-0,9	7,1	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	5,1	13,2	0,2	13,4	2	96	
	BA	30-48	4,5	4,1	-0,4	5,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	5,4	12,7	0,2	13,0	2	96	
	Bw1	48-79	4,6	3,9	-0,7	4,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	5,5	11,9	0,3	12,2	2	95	
	Bw2	79-115	5,3	4,4	-0,9	3,7	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	6,1	11,9	0,3	12,2	3	95	
	Bw3	115-149	4,5	4,3	-0,2	3,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	6,3	12,4	0,2	12,7	2	96	
	Bw4	149-180	4,7	4,1	-0,6	3,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	6,4	11,9	0,3	12,2	3	95	
Superfície Geomórfica II – LAdf																		
Declive de Infiltração	A	0-13	4,3	3,9	-0,4	21,6	3,2	0,5	0,2	0,1	0,1	1,7	8,4	1,0	9,5	11	62	
	AB	13-30	4,5	3,9	-0,6	13,8	0,6	0,7	0,3	0,0	0,1	1,6	8,4	1,2	9,7	13	54	
	BA	30-44	4,5	3,8	-0,7	5,4	0,0	0,6	0,2	0,0	0,1	1,4	4,6	1,0	5,7	19	56	
	Bw	44-70	4,3	3,7	-0,6	3,9	0,2	0,7	0,2	0,0	0,1	1,7	3,7	1,1	4,8	24	59	
	Bwf1	70-96	4,4	3,8	-0,6	5,4	0,1	0,4	0,2	0,0	0,1	1,8	4,3	0,8	5,2	17	67	
	Bwf2	96-124	4,5	3,8	-0,7	3,3	0,0	0,5	0,3	0,0	0,1	1,9	5,2	1,0	6,3	17	64	
	Bwf3	124-190	4,6	3,9	-0,7	1,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	1,8	4,9	0,5	5,5	11	75	
Superfície Geomórfica II – LAdt																		
Declive convexo	Ap	0-10	4,0	3,5	-0,5	12,7	7,0	0,7	0,5	0,1	0,2	1,5	7,5	1,6	9,2	18	46	
	BA	10-30	4,2	3,6	-0,6	9,0	2,1	0,7	0,3	0,1	0,2	1,9	6,4	1,3	7,8	17	58	
	Bw1	30-55	4,8	3,6	-1,2	4,5	1,1	0,5	0,2	0,0	0,1	1,9	6,2	0,9	7,2	13	66	
	Bw2	55-94	4,9	3,6	-1,3	3,1	0,7	0,4	0,3	0,0	0,1	2,2	5,9	0,9	6,8	13	70	
	Bw3	94-136	4,8	3,8	-1,0	1,7	0,7	0,2	0,3	0,0	0,1	1,2	3,0	0,8	3,8	22	59	
	2BC	136+	4,9	3,9	-1,0	1,4	1,0	0,3	0,2	0,0	0,1	1,1	2,2	0,6	2,9	24	61	
Superfície Geomórfica – III- RYveg																		
Sopé Aluvial Alto	A	0-18	4,4	3,6	-0,8	15,6	11,9	12,8	2,5	0,2	0,2	1,8	5,6	15,9	21,6	74	9	
	AC	18-51	4,5	3,7	-0,8	4,0	14,7	10,3	0,9	0,1	0,2	1,8	3,7	11,6	15,5	76	13	
	C1	51-89	4,6	3,6	-1,0	2,8	14,9	11,6	1,5	0,1	0,3	1,3	2,3	13,6	15,9	85	8	
	C2	89-120	4,6	3,6	-1,0	3,7	4,5	11,7	1,2	0,1	0,3	1,7	5,6	13,4	19,0	71	11	
	C3	120-150	4,7	3,5	-1,2	3,4	3,6	15,8	1,0	0,1	0,3	2,5	6,8	17,2	24,1	72	12	
Sopé Aluvial Baixo	C4	150-200	4,8	3,6	-1,2	1,1	5,8	12,6	0,3	0,1	0,3	1,4	3,6	13,4	17,0	79	9	
	Superfície Geomórfica – III –RYve																	
	A	0-23	4,3	3,5	-0,8	7,9	19,7	10,2	0,8	0,1	0,2	2,9	6,8	11,4	18,3	63	20	
	AC	23-58	4,5	3,6	-0,9	4,8	21,0	16,3	0,8	0,1	0,2	2,6	6,5	17,5	24,0	73	12	
	C1	58-91	4,6	3,6	-1,0	3,8	15,2	24,4	1,0	0,1	0,3	2,6	8,5	25,9	34,4	75	9	
Cg	91-123	4,6	3,4	-1,2	3,5	4,8	31,0	1,1	0,1	0,2	3,6	8,6	32,4	41,1	79	10		
C2	123-165	4,8	3,4	-1,4	2,8	1,7	39,4	0,7	0,1	0,2	3,2	8,4	40,5	48,9	83	7		
C3	165+	5,2	3,7	-1,5	2,1	3,2	40,4	0,8	0,1	0,3	0,8	3,1	41,7	44,8	93	2		

⁽¹⁾ Segmento de vertente.

(superfície geomórfica I) e solos com menor grau de evolução nas superfícies geomórficas de menor estabilidade (superfície geomórfica III) (Quadro 4).

De maneira geral, todos os solos dos ambientes geomórficos estudados apresentaram baixos valores de óxidos de Fe e Al extraídos por ditonito-citrato-bicarbonato. Comparativamente, os ambientes com presença de LAa, Ladf e LAdt (superfícies geomórficas I e II) exibiram valores mais elevados em relação a RYveg e RYve. Esses resultados foram atribuídos à maior idade das superfícies geomórficas

I e II em relação à superfície geomórfica III, além do fato de esta última estar localizada em uma planície fluvial que sofre constantes inundações.

No tocante aos óxidos de baixa cristalinidade extraídos por oxalato ácido de amônio, foi observado que os valores do Al foram semelhantes tanto nos horizontes como nos ambientes geomórficos, exceto no sopé aluvial baixo (Quadro 4). Os óxidos de Fe extraídos por oxalato ácido de amônio tiveram valores baixos nas superfícies geomórficas I e II, respectivamente no topo, convexo de infiltração e

Quadro 4. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), óxidos livre extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e formas amorfas extraídas com oxalato ácido de amônio (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) e relações entre eles, em uma topossequência de transição várzea/terra firme, na região de Humaitá (AM)

SV ⁽¹⁾	Hor.	Óxidos do Ataque Sulfúrico			Relações		DCB ⁽²⁾			OAA ⁽³⁾			Relações			
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Ki	Kr	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	$\frac{\text{Fe}_o}{\text{Fe}_d}$	$\frac{\text{Al}_o}{\text{Al}_d}$	$\frac{\text{Si}_o}{\text{Si}_d}$	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$
		g kg ⁻¹			g kg ⁻¹											
		Superfície Geomórfica I – LAa														
Topo	A	5,8	30,6	10,7	0,9	0,3	3,1	19,8	5,3	2,1	0,5	0,3	0,03	0,05	0,68	0,65
	BA	6,0	31,6	11,9	0,8	0,3	4,4	19,8	6,4	0,9	0,2	0,8	0,01	0,13	0,20	0,63
	Bw1	8,5	35,2	16,0	0,9	0,3	5,8	21,8	7,2	2,1	0,1	0,4	0,01	0,06	0,36	0,62
		Superfície Geomórfica II – LAdf														
Declive de Infiltração	A ₁	5,5	19,9	13,4	0,7	0,3	2,9	14,7	10,2	2,0	1,0	0,3	0,07	0,04	0,70	0,74
	BA	5,1	19,1	8,4	1,0	0,4	2,7	14,4	5,2	2,2	0,6	0,3	0,04	0,06	0,84	0,76
	Bw	6,8	32,2	11,2	1,0	0,3	2,7	29,8	9,2	2,0	0,3	0,4	0,01	0,04	0,74	0,93
		Superfície Geomórfica – II – LAdt														
Declive Convexo	Ap	6,5	38,7	11,5	0,9	0,3	2,6	27,5	9,1	2,2	0,5	0,3	0,02	0,03	0,85	0,71
	BA	8,1	30,3	13,6	1,0	0,4	4,2	22,2	10,7	2,3	0,5	0,4	0,03	0,04	0,55	0,73
	Bw1	6,3	31,9	13,1	0,8	0,3	3,6	23,9	11,1	2,4	0,3	0,3	0,02	0,03	0,68	0,75
		Superfície Geomórfica – III – RYveg														
Sopé Aluvial Alto	A	11,7	13,5	14,2	1,4	0,6	4,6	6,1	12,7	2,3	3,1	0,3	0,51	0,03	0,50	0,45
	AC	10,5	16,4	16,8	1,1	0,3	3,7	7,2	13,1	2,2	3,6	0,3	0,51	0,03	0,59	0,44
	C1	12,7	11,8	17,1	1,2	0,5	5,3	5,1	12,4	2,2	2,6	0,3	0,52	0,02	0,42	0,43
		Superfície Geomórfica – III- RYve														
Sopé Aluvial Baixo	A	12,8	24,9	14,5	1,5	0,6	4,3	11,5	12,8	2,2	2,4	1,3	0,22	0,10	0,51	0,46
	AC	10,7	26,1	16,1	1,1	0,3	6,3	12,1	13,5	2,2	2,5	0,3	0,21	0,03	0,36	0,46
	C1	11,5	25,5	18,0	1,1	0,4	4,5	9,1	16,6	2,2	2,3	1,0	0,26	0,06	0,49	0,36

⁽¹⁾ Segmento de vertente. ⁽²⁾ DCB: formas cristalinas extraídas por ditionito-citrato-bicarbonato. ⁽³⁾ OAA: formas de baixa cristalinidade, extraídas por oxalato ácido de amônio.

declive convexo, e aumento dos teores do Fe nas áreas de sopé de deposição. Esses resultados podem ser atribuídos ao alto grau de intemperismo do solo no topo, declive de infiltração e declive convexo, contrastando com os ambientes de sopé aluvial de deposição, com solos menos intemperizados e drenagem mais limitada, corroborando assim resultados de Demattê et al. (1994), que estudaram sequência Latossolo Amarelo – Podzólico Amarelo - Areias Quartzosas sobre material da formação Barreiras na região de Tucuruí, Pará.

A relação Fe_o/Fe_d apresentou-se mais elevada em todos os horizontes superficiais, fato que se deve, principalmente, à ação da matéria orgânica, que impede a cristalização dos óxidos de Fe, corroborando resultados de Lima et al. (2006), que estudaram uma topossequência em sedimentos holocênicos e sedimentos terciários/quaternários na bacia sedimentar do Alto Solimões, na Amazônia Ocidental.

Tomando os resultados da relação Fe_o/Fe_d somente dos horizontes diagnósticos subsuperficiais de todos os solos, observa-se que há aumento claro dos valores dessa relação, partindo do topo para o

sopé aluvial alto, com valores de 0,01 no topo, 0,04 no declive de infiltração, 0,03 no declive convexo, 0,51 no sopé aluvial baixo e 0,21 no sopé aluvial alto, indicando, dessa maneira, óxidos de maior cristalinidade, especialmente a goethita, nos solos das superfícies geomórficas I e II, e óxidos de menor grau de cristalinidade, provavelmente lepidocrocita e ferridrita, na superfície geomórfica III.

Os valores da relação Fe_d/Fe_t (Quadro 4) apresentaram-se decrescentes dos solos da superfície geomórfica I para os solos da SG III, confirmando o maior grau de evolução dos solos da superfície mais velha. Esses resultados estão em consonância com aqueles encontrados por Marques Júnior & Lepsch (2000) e Campos et al. (2007) e reforçam a ideia de que os solos têm a idade da superfície geomórfica onde eles ocorrem (Daniels et al., 1971).

Classificação e distribuição dos solos na paisagem

A mineralogia da fração areia evidenciou baixos teores de minerais primários alteráveis (dados não apresentados) auxiliando na classificação dos Latossolos. Assim, a sequência de ocorrência dos

solos na paisagem foi: Latossolo Amarelo Alumínico típico (LAa), na superfície geomórfica I; Latossolo Amarelo distrófico plântico (LAdf) e Latossolo Amarelo distrófico argissólico (LAdt), na superfície geomórfica II; e Neossolo Flúvico Ta eutrófico típico (RYve) e Neossolo Flúvico Ta eutrófico gleissólico RYve, na superfície geomórfica III.

Solos mais intemperizados ocorrem na superfície geomórfica I, seguindo-se solos com menor grau de intemperização na superfície geomórfica II e solos mais jovens na superfície geomórfica III. Trabalhos de natureza semelhante foram desenvolvidos por Lepsch et al. (1977), Coelho et al. (1994), Marques Júnior & Lepsch (2000), Teramoto et al. (2001), Motta et al. (2002), Cunha et al. (2005) e Campos et al. (2007), que, utilizando o conceito de superfície geomórfica, estabeleceram relações cronológicas entre os solos e as respectivas superfícies de ocorrência. Segundo Daniels et al. (1971), a idade do solo deve ser considerada a mesma da respectiva superfície geomórfica.

CONCLUSÕES

1. Os solos distróficos estão relacionados com as superfícies geomórficas I e II (LAa, LAdf e LAdt), e os eutróficos, com a superfície geomórfica III de caráter deposicional mais recente (RYveg e RYve).

2. Os parâmetros ΔpH , relação silte/argila, K_i e Fe_d/Fe_t indicaram solos mais intemperizados no topo quando comparado aos demais segmentos da topossequência, coincidindo com a maior idade da superfície geomórfica I, em relação às superfícies geomórficas II e III.

3. As variações dos solos na transeção estudada estão relacionadas com a idade das superfícies, com o material de origem e com a inclinação do terreno. O entendimento dos eventos geomórficos favoreceu a compreensão da variação dos atributos dos solos na topossequência.

AGRADECIMENTO

Ao CNPq e FAPESP, pelo financiamento do Projeto de Pesquisa e pela Bolsa, respectivamente.

LITERATURA CITADA

ANDRADE, H.; SCHAEFER, C.E.; DEMATTÉ, J.L.I. & ANDRADE, F.V. Pedogeomorfologia e micropedologia de uma seqüência Latossolo - Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas. Geonomos, 1:55-66, 1997.

BOCKHEIM, J.G.; GENNADIYEV, A.N.; HAMMER, R.D. & TANDARICH, J.P. Historical development of key concepts in pedology. Geoderma, 124:23-36, 2005.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561p.

BUI, E.N. Soil survey as a knowledge system. Geoderma, 120:17-26, 2004.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106)

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R. & CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litosseqüência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. R. Bras. Ci. Solo, 31:519-529, 2007.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R. & SOUZA, R.V.C.C. Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (Am). R. Bras. Ci. Solo, 35:13-23, 2011.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R. & OLIVEIRA, I.A. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. R. Ci. Agron., 41:527-535, 2010a.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R. & COSTA, E.U.C. Segmentos de vertente e atributos do solo de uma topossequência na região de Manicoré, AM. R. Ci. Agron., 41:501-510, 2010b.

COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F. & MENK, J.R.F. Relação solo relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú, SP. R. Bras. Ci. Solo, 18:125-137, 1994.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURTI, N.; PEREIRA, G.T. & LEPSCH, I.F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma seqüência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). R. Bras. Ci. Solo, 29:81-90, 2005.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J. & CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit land a surface model. Z. Geomorphology, 12:60-76, 1968.

DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F. & CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. Adv. Agron., 23:51-87, 1971.

DEMATTÉ, J.A.M.; ALOISI, R.R. & DEMATTE, J.L.I. Seqüência Latossolo Amarelo - Podzólico Amarelo - Areias Quartzosas sob material da formação barreiras na região de Tucuruí, estado do Pará. Sci. Agric., 51:345-356, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2006. 306p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FERREIRA, S.J.F.; REICHARDT, K. & MIRANDA, S.A.F. Características físicas de sedimentos e solos de dois lagos de Várzea na Amazônia Central. *Acta Amaz.*, 29:277-292, 1999.
- JACOMINE, P.K.T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & CARDOSO, E.J., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4. p.193-231.
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W. & DANIELS, R.B. Soil-landscape relationships in Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil: I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:104-109, 1977.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R. & KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. *Acta Amaz.*, 35:317-330, 2005.
- LIMA, H.N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C. & LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:59-68, 2006.
- MARQUES JÚNIOR, J. & LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. *Geociências*, 19:90-106, 2000.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAYS MINERALS, 7., Washington, 1958. *Proceedings...* New York, 1960. p.317-327.
- MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JUNIOR, W. & BLANCANEAUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:869-878, 2002.
- PHILLIPS, J.D. Geogênese, pedogênese, and multiple causality in the formation of texture-contrast soils. *Catena*, 58:275-295, 2004.
- RODRIGUES, T.E. & OLIVEIRA, R.C. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In: Amazônia: agricultura sustentável. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.215-221.
- RUHE, R.V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. *Soil Sci.*, 82:441-445, 1956.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SILVA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G. & NASCIMENTO, R.A.M. Estudo de topossequência da baixada litorânea fluminense: Efeitos do material de origem e posição topográfica. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:965-976, 2001.
- TERAMOTO, E.R.; LEPSCH, I.F. & VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba-SP). *Sci. Agric.*, 58:361-371, 2001.
- UBERTI, A.A. & KLAMT, E. Relações solos-superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:229-234, 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.
- ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS – ZEE, AM. Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas. Manaus, IPAAM, 2008.53p.