

EXPANSÃO DOS SOLOS HIDROMÓRFICOS NA PAISAGEM SUDOESTE DA BACIA AMAZÔNICA BRASILEIRA: MUDANÇAS TEXTURAIS E DE POROSIDADE DO SOLO

Vania Rosolen

Profa. Dr. Instituto de Geografia – UFU
vrosolen@ig.ufu.br

Uwe Herpin

Pesquisador, NUPEGEL/ESALQ/USP

Adolpho José Melfi

Coordenador do NUPEGEL/ESALQ/USP

RESUMO

A hidromorfia é uma importante condição para o desenvolvimento dos solos nas regiões tropicais. Um estudo detalhado realizado ao longo de uma toposseqüência ligando dois perfis de solos desenvolvidos nos baixos platôs revela que a hidromorfia provoca transformações no solo laterítico original. O resultado é a formação, na depressão, de um horizonte eluvial cinza claro ligado à perda de material fino devido ao transporte mecânico e/ou intemperismo químico. Resultados da análise granulométrica, microscopia e porosimetria ao mercúrio mostraram claras mudanças nas características físicas como textura (decréscimo de argila e aumento relativo da fração silte), organização das partículas elementares do solo e porosidade (aumento da densidade e mudança da forma dos poros).

Palavras-chaves: solo laterítico; solo hidromórfico; horizonte manchado; horizonte cinza claro; eluviação de argila.

EXPANSION OF HIDROMORPHIC SOIL COVER IN THE SOUTHWEST LANDSCAPE OF BRASILIAN AMAZON: TEXTURE AND POROSITY SOIL CHANGES

ABSTRACT

Hidromorphy is an important condition on soil development in tropical regions. The detailed study carried out along a toposequence in the Southwestern region of the Brazilian Amazon between two varying profiles selected in a low-elevation plateau revealed that hidromorphy caused transformations of the original laterite soil. The result is the formation of a light grey elluvial horizon in the depression area due to losses of fine material by mechanical transport and/or weathering. Clear changes of physical characteristics such as texture (decrease of clay and a relative increase of silt), elementary soil particle organization and porosity (increase of porous space and shape) could be determined from grain-size analysis, microscopy and mercury porosimetry techniques.

Key-words: laterite; hidromorphic soil; mottled horizon; light grey horizon; clay elluviation.

Recebido em 11/10/2006
Aprovado para publicação em 19/01/2007

INTRODUÇÃO

Os sistemas pedológicos que associam coberturas lateríticas e hidromórficas foram estudados em várias regiões do mundo tropical como Índia, Austrália, Guiana, Brasil e foram propostos modelos de transformação morfológica, mineralógica, textural e estrutural (Daniels et al., 1975, Williams & Coventry, 1979, Boulet et al., 1982, Curi & Franzmeier, 1984, Fritsch et al., 1989, Rosolen, 2000, Fritsch et al., 2002, Nascimento et al., 2004). Nestes modelos de transformação e evolução, os solos lateríticos se desenvolvem a montante, topograficamente nas partes mais elevadas e bem drenadas das paisagens enquanto os solos hidromórficos se desenvolvem a jusante ou em áreas deprimidas desenvolvidas nas superfícies de platôs.

Estudos estruturais mostram que a expansão remontante das formações hidromórficas é compensada por uma regressão simultânea das formações lateríticas (Boulet, 1974, Fritsch & Fitzpatrick, 1994, Peterschmitt et al., 1996, Melfi et al., 1999, Nascimento et al., 2004). A morfologia interna e externa das paisagens lateríticas é profundamente modificada refletindo uma paisagem em desequilíbrio. A mudança mais nítida está associada à dinâmica dos óxidos de ferro, isto é, diminuição da proporção de hematita (óxido de Fe predominante nas coberturas lateríticas antigas) e aumento da proporção de goethita e eliminação, por redução, dos óxidos de Fe. Esta dinâmica leva a formação de uma seqüência de horizontes de cor vermelha → amarela → branca, refletida ao longo das toposseqüências. Mudanças do fluxo hídrico acarretam mudanças da composição geoquímica e estrutural através do transporte seletivo das partículas, sob a forma dissolvida ou particulada, de material fino (argila) e conseqüente acúmulo de material mais grosseiro (silte e areia).

A paisagem da região Sudoeste da Amazônia é caracterizada por apresentar baixos platôs em cujas superfícies se desenvolvem pequenas depressões topográficas. Nesta região, a cobertura pedológica se desenvolve em duas principais direções, relacionadas com o modelado. Nas partes elevadas dos platôs desenvolvem solos com características laterítica, do tipo Cambissolo (Embrapa, 1999) que apresenta uma seqüência de horizontes vermelhos sobre um espesso conjunto de horizontes manchados. A transição progressiva da rocha alterada para os horizontes de superfície indica que os processos de evolução e formação dos horizontes do solo são predominantemente verticais. Nas zonas deprimidas desenvolvem solos do tipo Gleissolo (Embrapa, 1999) que apresenta um conjunto espesso de horizontes ricos em matéria orgânica sobre um horizonte cinza claro.

O estudo detalhado dos solos ao longo de uma toposseqüência representativa da paisagem regional indicou que a hidromorfia temporária imprime importantes modificações nas características estruturais e texturais do solo. A flutuação sazonal do nível freático é responsável pela mobilização e perda de ferro nos perfis de solo da parte elevada da paisagem com a conseqüente formação do horizonte manchado (Rosolen et al., 2002) e a mobilização e perda de ferro e argila nas zonas deprimidas com a conseqüente formação do horizonte cinza claro e arenoso (Rosolen, 2000).

O objetivo deste artigo é apresentar as transformações de um solo com características lateríticas quando afetado por condições hidromórficas, com especial ênfase nos atributos físicos como textura, organização elementar das partículas e porosidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo situa-se na região Sudoeste da Amazônia Brasileira, entre as cidades de Porto Velho (RO) e Humaitá (AM) (8°18'S e 63°48'W) (Figura 1). Na área encontram-se baixos platôs com altitude aproximada de 100m, pouco dissecados, desenvolvidos sobre sedimentos arenosos de textura média a fina da Formação Solimões datados do Plioceno Médio- Pleistoceno Superior (Radambrasil, 1978). Nas superfícies dos platôs desenvolvem-se pequenas (métricas) e suaves depressões topográficas (aproximadamente 2m de desnível em relação ao topo do platô).

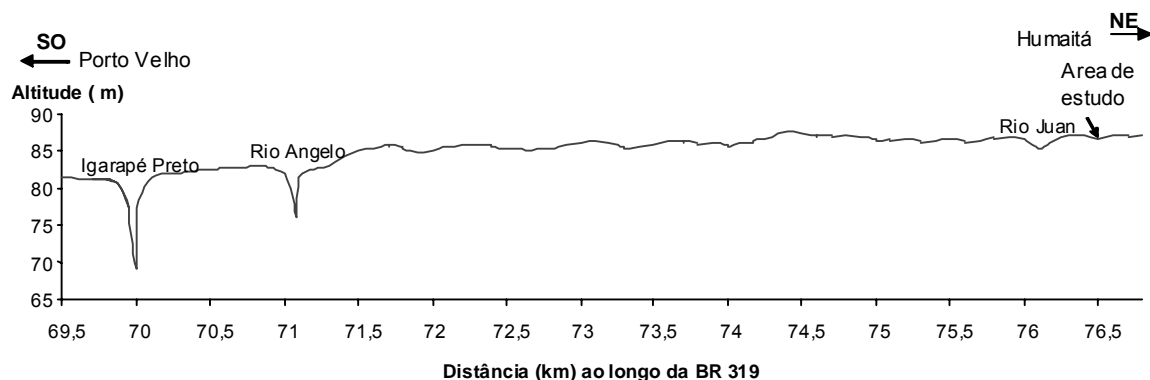


Figura 1 - Perfil topográfico evidenciando as depressões topográficas desenvolvidas nas superfícies dos baixos platôs.

A dinâmica destas depressões estão relacionadas com o regime pluvial. A média anual de precipitação é 2250mm, com o máximo nos meses de setembro a abril. Nestes meses as depressões encontram-se submersas devido à concentração das chuvas e à subida do lençol freático. A ligação com o eixo de drenagem é superficial quando há o transbordamento das águas. Na estação seca, de junho a agosto, rapidamente o lençol retorna ao nível mais baixo e a depressão torna-se completamente seca. A ligação com o eixo de drenagem ocorre subsuperficialmente. Os solos são classificados como Cambissolos quando se desenvolvem nas partes relativamente bem drenadas dos platôs e Gleissolo (Laterita Hidromórfica segundo Sombroek, 1984) quando se desenvolvem nas partes deprimidas temporariamente alagadas.

O estudo detalhado dos solos foi realizado em uma topossequência ligando a parte alta do platô ao centro de uma depressão. Com este procedimento, os dois perfis de solos típicos e a transição entre eles puderam ser estudados. Foi aberta uma trincheira de 90m de comprimento com aproximadamente 3m de profundidade e o desnível entre a parte mais elevada com o centro da depressão é de 2m.

A vegetação corresponde ao contato de floresta tropical aberta e vegetação de savana considerada por muitos autores como evidências de mudanças paleoclimáticas quaternárias (Absy & Van der Hammen, 1976, Colinvaux et al., 1996, Pessenda *et al.*, 2000).

Amostragem do solo

As amostras de solos para análise físico-química e estudos micromorfológicos foram sistematicamente coletadas, da superfície até a profundidade, em 9 perfis representativos de todos os horizontes presentes na trincheira. Neste artigo, apenas os resultados dos horizontes do perfil da montante (Cambissolo) e da jusante (Gleissolo) serão apresentados. No perfil a montante as amostras foram coletadas a 0-5, 10-15, 20-25, 30-35, 40-45, 90-100, 120-130, 150-160, 200-210 e 270-280cm de profundidade. No perfil a jusante foram coletadas amostras de 0-5, 10-15, 20-25, 30-35, 50-55, 80-85, 110-120, 140-150 e 170-180cm de profundidade.

Análise granulométrica

A análise granulométrica seguiu o protocolo Embrapa (1997). A remoção da matéria orgânica é feita pela oxidação com H_2O_2 e a dispersão do solo com NaOH e $Na_4P_2O_7$. A quantificação da fração areia ($> 50\mu m$) foi feita por peneiramento, da fração argila ($< 2\mu m$) por pipetagem e da fração silte pelo cálculo da diferença entre o peso da amostra total e a soma das frações areia e argila.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A preparação das lâminas para observação em MEV foi feita de acordo com o método proposto

por Fiès & Bruand (1990). Inicialmente, amostras indeformadas de solo foram secadas em estufa a 40°C durante uma semana. Após, foram impregnadas com resina poliéster diluída em 30% (volume) de monômero de estireno e mantidas sob vácuo (5kPa). Foram confeccionadas lâminas delgadas (30 x 45mm). Posteriormente, as lâminas foram polidas com grãos de diamante e recobertas com carbono. A observação foi feita em um equipamento Stereoscan Cambridge 90B usando o modo elétrons retroespalhados. As imagens dos constituintes da matriz do solo aparecem em diferentes níveis de cinza: esqueleto quartzoso em cinza claro, plasma em cinza escuro, poros em preto e óxidos de ferro em branco.

Porosimetria ao Mercúrio

A porosimetria ao mercúrio é uma técnica usada para o estudo da distribuição do volume poroso em relação ao volume poroso total (Lawrence, 1977; Bruand & Prost, 1987). As medidas foram realizadas em um porosímetro Micromeritics Pore Sizer 9400 que permite a determinação do volume poroso entre 0,003 a 300 µm. São usados torrões de solos entre 5 a 10mm de diâmetro após secados em estufa a 105°C durante 24 h. Foram realizadas três medidas de cada horizonte. As médias dos resultados são expressos em um gráfico onde estão representadas a curva cumulativa do volume poroso e a derivada que é uma função do volume do mercúrio ($\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$) e diâmetro do poro (µm). A classe A corresponde aos menores poros e a classe B aos maiores. A classe C que corresponde aos poros intermediários entre as classes A e B.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diferenciação dos perfis do solo

A montante, o perfil do Cambissolo apresenta três conjuntos de horizontes. Algumas características químicas do perfil encontram-se na Tabela 1. Os horizontes mais profundos (entre 60 e 300 cm de profundidade) são os horizontes manchados que associam volumes vermelho (2,5YR 4/6), amarelo (10YR 7/8) e cinza claro (10YR 7/2) geralmente alongados verticalmente. A textura é argilosa a silto-argilosa e a estrutura é prismática com subestrutura em blocos angulares. A porosidade é fracamente desenvolvida. Acima (entre 30 e 60cm de profundidade) encontra-se o horizonte subsuperficial caracterizado pela matriz homogênea vermelha (2,5YR 5/6) contendo nódulos ferruginosos pequenos (~ 2mm de diâmetro) e friáveis. A textura é argilosa e a estrutura em poliédrica (1- 4 cm) bem desenvolvida. A porosidade biológica é abundante. A transição dos horizontes manchados subjacentes para o horizonte subsuperficial vermelho é progressiva com o desaparecimento das manchas cinza e associação de manchas amarelas na matriz predominantemente vermelha. Os horizontes superficiais (entre 0 e 30 cm de profundidade) são bruno-avermelhados (5YR 4/4 no contato com o horizonte inferior e 10YR 4/2 no topo).

O perfil hidromórfico é formado por dois conjuntos de horizontes. Algumas características químicas do perfil encontram-se na Tabela 1. O conjunto inferior (entre 120 e 300 cm de profundidade) apresenta matriz cinza claro (10YR 7/1) comportando milimétricos volumes vermelho (2,5YR 4/6) e bruno-amarelado (10YR 6/6). A textura é silto-argilosa e a estrutura maciça. O conjunto de horizontes superior (entre 0 e 120cm de profundidade), desenvolvido sobre o conjunto cinza claro, é rico em matéria orgânica e cor que varia de bruno acinzentado escuro, no contato com o conjunto inferior, a preto na superfície (de 10YR 5/8 a N/0). A textura é argilosa e a estrutura prismática.

A transição lateral entre o conjunto de horizontes da montante e jusante da topossequência apresenta sensível diferença morfológica relacionada à cor. As mudanças de cor estão associadas à distribuição dos óxidos de ferro nos diferentes segmentos da topossequência bem como à intensidade e duração das condições hidromórficas. Em Humaitá a deferruginação é um processo generalizado que ocorre na topossequência (Rosolen et al., 2002). O ferro mobilizado não se precipita em outras posições da vertente, fato comprovado em estudos micromorfológicos e análises químicas pontuais nas diferentes matrizes do solo. Este elemento é exportado através da rede de fissuras comuns no horizonte de argila manchada é o caminho preferencial para a eliminação do ferro pela solução do solo. Não há zonas de acumulação absoluta do ferro

remobilizado.

No segmento montante a redistribuição do ferro é determinada pela flutuação sazonal do nível freático resultando na formação do horizonte manchado. O horizonte vermelho subsuperficial não é influenciado pela flutuação do lençol e sua matriz homogênea reflete condições de drenagem interna livre, condição típica das paisagens lateríticas desenvolvidas nas posições elevadas da paisagem. O segmento intermediário da vertente é influenciado pela dinâmica da depressão e, embora nos horizontes inferiores ainda permaneçam volumes do horizonte manchado há o aumento nítido e progressivo do tamanho e intensificação das manchas de cor cinza. Sobre eles, próximo a borda da depressão, forma-se um horizonte subsuperficial oliva que indica a transformação inicial, por hidromorfia, do horizonte vermelho com matriz homogênea do segmento montante. O segmento jusante da vertente corresponde à zona deprimida que permanece submersa por aproximadamente 8 meses por ano. Esta dinâmica é responsável pela redução e migração dos óxidos de ferro e, conseqüentemente, o completo desaparecimento dos horizontes manchados e o aparecimento dos horizontes de cinza claro. No período seco, a depressão esvazia-se completamente e o solo torna-se completamente seco, com consistência muito dura e maciço.

Diferenciações estruturais, texturais e de porosidade

Associadas às mudanças morfológicas, especialmente cor, provocadas pela hidromorfia, ocorrem mudanças acentuadas dos teores de argila, silte e areia (Tabela 1).

Tabela 1

Composição química e mineralógica dos conjuntos de horizontes dos perfis Cambissolo (montante) e Gleissolo (jusante) da toposseqüência.

Perfil Cambissolo										
Horizonte	Prof. (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Fe ₂ O ₃ g /100g	C org. g/100g	CTC mmolc/kg	S mmolc/kg	V (%)	pH (água)
Superficial Humífero	0-5	16,9	44,3	38,8	4,09	2,76	132,3	8,3	6	4,6
Superficial Humífero	10-15	17,3	39,7	43,0	-	1,9	108,3	4,3	4	4,6
Superficial Humífero	20-25	17,3	38,7	43,9	5,02	1,22	83,1	3,1	4	4,8
Subsuperficial Vermelho	30-35	15,5	39,1	45,4	-	0,83	72,9	2,9	4	5,0
Subsuperficial Vermelho	40-45	15,1	38,7	46,2	10,04	0,68	-	-	-	-
Manchado	90-100	11,8	31,1	57,1	10,62	0,26	83,4	3,4	4	5,0
Manchado	120-130	14,9	28,7	56,4	9,34	0,20	97,3	5,3	5	5,3
Manchado	150-160	15,1	30,7	54,2	8,26	0,12	92,0	4,0	4	5,1
Manchado	200-210	31,2	25,6	43,2	-	0,06	88,8	4,8	5	5,2
Manchado	270-280	29,5	27,5	43,0	5,91	0,05	83,0	4,0	5	5,0
Perfil Gleissolo										
Superficial Rico em Matéria Orgânica	0-5	7,4	42,3	50,3	1,78	9,98	235,5	7,5	3	5,4
Superficial Rico em Matéria Orgânica	10-15	2,4	34,7	62,9	1,76	6,52	143,0	3,0	2	5,4
Superficial Rico em Matéria Orgânica	20-25	1,9	33,2	64,9	2,59	5,10	-	-	-	-
Superficial Rico em Matéria Orgânica	30-35	1,5	29,6	68,9	-	2,96	146,7	4,7	3	5,3
Superficial Rico em Matéria Orgânica	50-55	1,8	27,9	70,3	3,36	1,78	154,1	4,1	3	4,9
Superficial Rico em Matéria Orgânica	80-85	5,6	28,3	66,1	3,81	0,75	133,8	3,8	3	5,2
Cinza claro	110-120	13,2	42,7	44,1	-	0,41	70,7	2,7	4	5,2
Cinza claro	140-150	22,6	50,9	26,5	1,07	0,08	70,0	4,0	6	5,4
Cinza claro	170-180	26,7	50,3	23,1	1,78	0,04	235,5	7,5	3	5,4

No perfil da montante, o teor de argila no horizonte superficial é de aproximadamente 41%, no subsuperficial vermelho é de 45% e no horizonte manchado de 55%. A jusante, o teor de argila aumenta sensivelmente no horizonte superficial rico em matéria orgânica, apresentando teor de até 70%. No horizonte cinza o teor de argila é de apenas 23% e, inversamente do que ocorre no platô, há um aumento da fração silte no horizonte cinza da depressão que atinge 50%. O desenvolvimento do horizonte eluvial reflete no enriquecimento relativo da fração silte, sendo este um indicador de seletividade de transporte das frações granulométricas do solo ao curso da evolução (Martinez-Mena *et al.*, 1999).

O decréscimo da fração argila no horizonte cinza pode ser causado tanto pelos processos de transporte mecânico quanto pela dissolução geoquímica, responsável pelo enriquecimento relativo de silte neste horizonte. Quanto à fração areia, na depressão, o teor é de 2% no horizonte rico em matéria orgânica e de 27% no horizonte cinza. No platô, o teor de areia é de 17% na superfície, 16% no horizonte vermelho e 15% no horizonte manchado. A mudança textural provoca transformação da porosidade do solo. Os resultados da porosimetria ao mercúrio revelam classes de tamanhos de poros diferentes quando se comparam o horizonte manchado da montante com o horizonte cinza hidromórfico da jusante. O horizonte manchado revela uma distribuição bimodal de tamanho de poros (Figura 2). O total da intrusão de mercúrio é de $189\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$ sendo $181\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$ de intrusão nos poros da classe A caracterizados pelo diâmetro de 1 a $0,003\mu\text{m}$, com diâmetro modal de $0,04\mu\text{m}$, que pode ser atribuído à porosidade textural. O restante, $6\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$, preenche os poros da classe B com diâmetro de 1 a $50\mu\text{m}$ (diâmetro modal de $3\mu\text{m}$).

No horizonte hidromórfico eluvial, o total de intrusão de mercúrio é de $213\text{mm}^3/\text{g}$. $166\text{mm}^3/\text{g}$ de mercúrio preencheu a porosidade correspondente à classe B que representa diâmetro de poros entre 3 e $20\mu\text{m}$, com diâmetro modal de $5\mu\text{m}$ (Figura 3). Em seguida, foram preenchidos poros da classe A, com $24\text{mm}^3/\text{g}$, representando poros com diâmetro entre 3 e $0,003\mu\text{m}$ e finalmente poros da classe C com $23\text{mm}^3/\text{g}$ representando poros com diâmetro entre 20 e $300\mu\text{m}$. As classes A e C não possuem diâmetro modal definido.

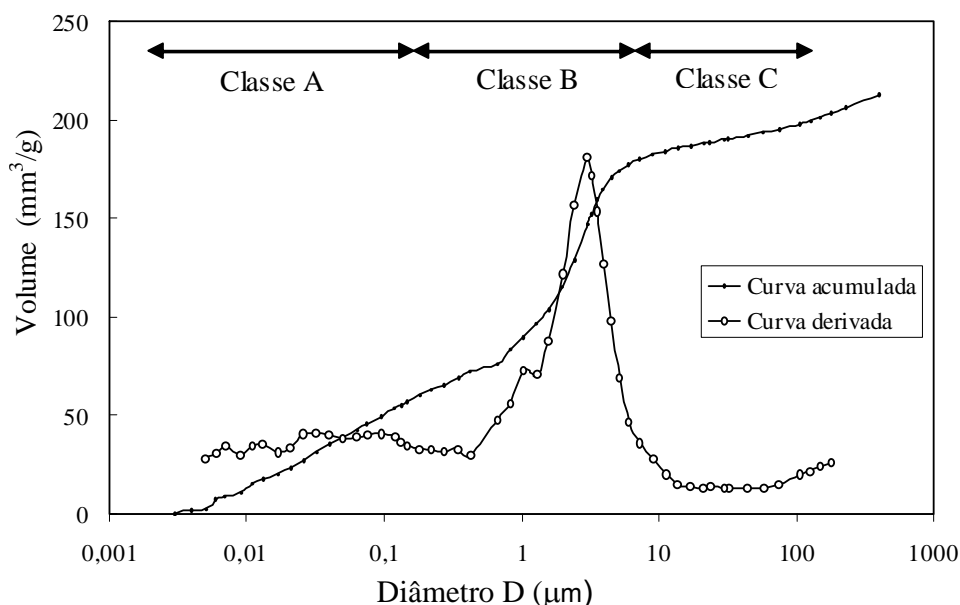


Figura 2 - Curvas acumulada e derivada obtidas por porosimetria ao mercúrio do horizonte manchado do perfil Cambissolo. As curvas identificam duas classes de poros A e B. A classe A, mais expressiva, representa a porosidade textural ligada à argila.

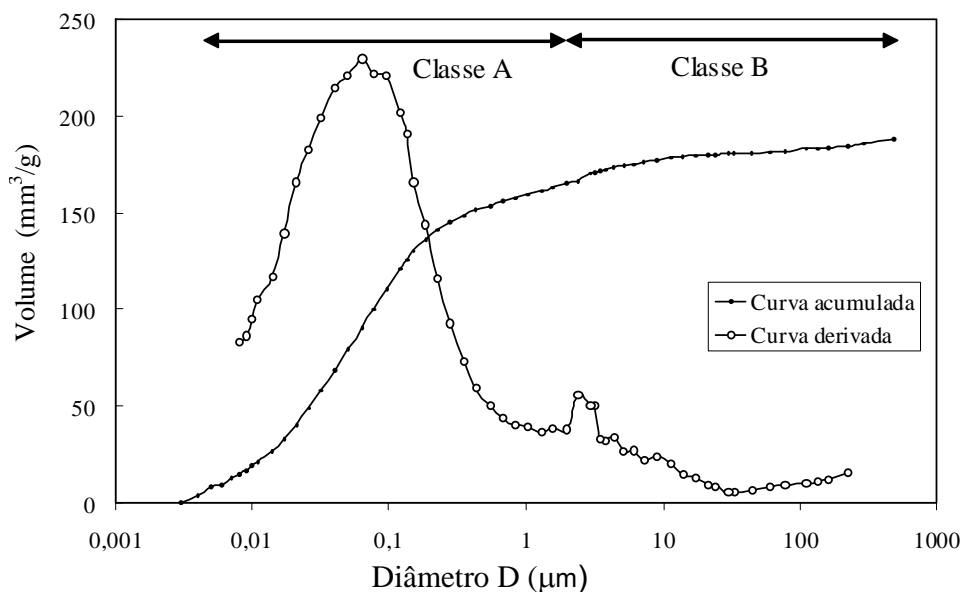


Figura 3 - Curvas acumulada e derivada obtidas por porosimetria ao mercúrio do horizonte cinza claro do perfil Gleissolo. As curvas identificam três classes de poros A, B e C. A classe B é intermediária, mais expressiva e representa a porosidade lacunar ligada à perda de argila.

Os resultados sugerem que a predominância da porosidade de menor diâmetro que caracteriza a classe A nos horizontes manchados, está associada ao alto teor de argila nestes horizontes. Neste caso é comum o aparecimento dos compartimentos referentes à porosidade textural e estrutural (Figura 4a). A perda de argila no horizonte cinza hidromórfico é responsável pelo deslocamento da curva de porosidade em direção aos poros de maior diâmetro. Este compartimento, intermediário entre a porosidade menor e maior, pode ser considerado como porosidade lacunar pois é o resultado do arranjo dos grãos de esqueleto a partir da porosidade gerada na matriz argilosa (Fiès & Bruand, 1990). Os novos poros gerados possuem tamanho variável e forma irregular assemelhando a “cáries” no plasma (Figura 4b).

Conclusão

O estudo detalhado da cobertura pedológica ao longo de toposseqüências representativas em diferentes escalas de observação é fundamental para compreender a gênese e a dinâmica dos solos. Neste estudo de caso, a expansão das condições hidromórficas transforma os horizontes manchados dos solos lateríticos originais. Na escala da toposseqüência, de jusante para montante, desenvolve-se e expande-se um horizonte deferruginizado que apresenta perda de argila particulada e/ou geoquímica.

O avanço da hidromorfia muda as propriedades originais da matriz do horizonte manchado cuja evolução está ligada à freqüente flutuação do lençol freático e perda de ferro através da porosidade estrutural e biológica. O novo horizonte de cor cinza, derivado do horizonte manchado, é um horizonte eluvial, pois associa perda de argila, aumento relativo da fração silte e nova distribuição de tamanho e forma dos poros. A perda de material pode ser considerada como definitiva, pois não há qualquer evidência de iluviação. Embora haja necessidade de um estudo mais detalhado sobre a circulação hídrica no solo, os resultados sugerem que o principal mecanismo responsável pela perda de matéria é a conexão entre a depressão da superfície do platô com a rede de drenagem superficial.

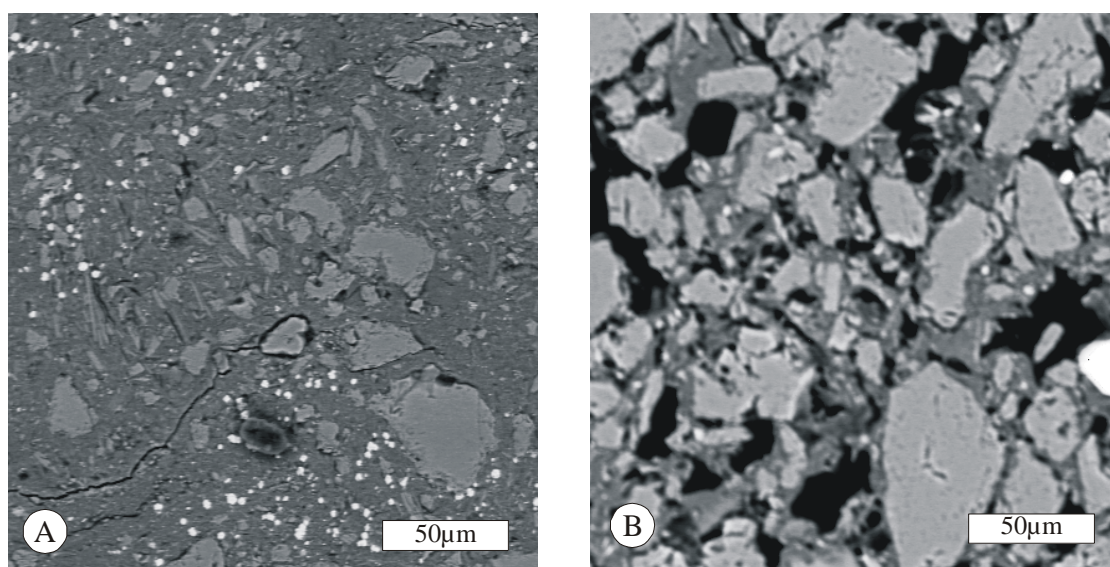


Figura 4: Imagens obtidas em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): Em (A) observa-se a matriz típica do horizonte manchado e parcialmente deferruginizado. As áreas cinza mais escuro correspondem ao plasma formado por caolinita associada a illita, as áreas cinza mais claro correspondem ao esqueleto (quartzo), o branco corresponde às partículas de óxidos de ferro e as áreas pretas à porosidade. Em (B) observa-se a matriz típica do horizonte eluvial cinza claro. As áreas cinza claro correspondem aos grãos de quartzo, as áreas pretas aos poros e as áreas cinza mais escuro referem-se as pontes de argila ligando os grãos do esqueleto. Observar as “cáries” no plasma.

REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L.; VAN DER HAMMEN, T. Some paleoecological data from Rondônia, Southern part of the Amazon Basin. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, n. 3, p. 293-299, 1976.
- BOULET, R. Toposéquence de sols tropicaux en Haute Volta. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. **Mémoire ORSTOM**, Paris, n. 85, 272p, 1974.
- BOULET, R.; CHAUVEL, A., HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie: I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. **Cahiers ORSTOM, série. Pédologie**, v. XIX, n. 4, p. 309-321, 1982.
- BRUAND, A. ; PROST, R. Effect of water content on the fabric of a soil material: an experimental approach. **Journal of Soil Science**, USA, n. 38, p. 461-472, 1987.
- COLINVAUX, P. A.; OLIVEIRA, P. E.; MORENO, J. E.; MILLER, M. C. ; BUSH, M. B. A long pollen record from Lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. **Science**, USA, n. 274, p. 85-88, 1996.
- CURI, N. ; FRANZMEIER, D. P. Soil genesis, morphology and classification. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. **Soil Science American Journal**, USA, n. 48, p. 341-346, 1984.
- DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. E.; BUOL, S. W. ; BAILEY, H. H. Free iron sources in an Aquult-Udult sequence from North Carolina. **Soil Science Society American Journal**, USA, n. 39, p. 335-340, 1975.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 212 p.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999, 412 p.

FIÈS, J. C.; BRUAND, A. Textural porosity analysis of a silt clay soil using pore volume balance estimation, mercury porosimetry and quantified backscattered electron scanning image (BESI). **Geoderma**, Amsterdam, n. 47, p. 209-219, 1990.

FRITSCH, E.; HERBILLON, A.; JEANROY, E.; PILLON, P.; BARRES, O. Variation minéralogiques et structurales accompagnant le passage "sols rouge-sols jaune" dans un bassin versant caractéristique de la zone de contact forêt-savane de l'Afrique occidentale (Booro Borotou, Côte-D'Ivoire). **Sciences Geologiques Bulletin**, Strasbourg, v. 42, n. 2, p. 65-89, 1989.

FRITSCH, E.; MONTES-LAUAR, C. R.; BOULET, R.; MELFI, A. J.; BALAN, E.; MAGAT, P. Lateritic and redoximorphic features in a faulted landscape near Manaus, Brazil. **European Journal of Soil Science**, UK, n. 53, p. 203-217, 2002.

FRITSCH, E.; FITZPATRICK, R. W. Interpretation of soil features produced by ancient and modern processes in degraded landscapes: I. a new method for constructing conceptual soil-water-landscape models. **Australian Journal of Soil Research**, Australia, n. 32, 889-907. 1994.

LAWRENCE, G. P. Measurement of pore size in fine textured soils. A review of existing techniques. **Journal of Soil Science**, USA, n. 28, p. 527-540, 1977.

MARTINEZ-MENA, M.; ALVAREZ ROGEL, J.; ALBALADEJO, J.; CASTILLO, V. M. Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment. **Catena**, Amsterdam, n. 38, p. 175-190, 1999.

MELFI, A.J.; CERRI, C.C.; FRITSCH, E.; FORMOSO, M.L.L. Tropical soils: genesis, distribution and degradation of lateritic pedological systems. In: FORMOSO, M. L. L.; CERRI, C. C. (Org.). **Workshop on tropical soils**, Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, p. 7-30, 1999.

NASCIMENTO, N. R.; BUENO, G.T.; FRITSCH, E.; HERBILLON, A. J.; ALLARD, TH.; MELFI, A. J.; ASTOLFO, R.; BOUCHET, H.; LI, Y. Podzolization as a deferralitization process: a study of an Acrisol-Podzol sequence derived from Paleozoic sandstones in the northern upper Amazon Basin. **European Journal of Soil Science**, UK, v. 55, n. 3, p. 523-538, 2004.

PESSENDA, L. C. R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S. E. M.; RIBEIRO, A. S.; LAMOTTE, M. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transitionzone, Southern Amazonas State, Brazilian Amazon Region. **The Holocene**, USA, v. 11, n. 2, p. 250-254, 2000.

PETERSCHMITT, E.; FRITSCH, E.; RAJOT, J. L.; HERBILLON, A. J. Yellowing, bleaching and ferritisation processes in soil mantle of the Western Ghâts, South India. **Geoderma**, Amsterdam, n. 74, p. 235-253, 1996.

Radambrasil. **Folha Porto Velho-SC-20. Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral, v. 16, 1978, 663 p.

ROSOLEN, V. 2000. **Transformação de uma cobertura laterítica por hidromorfia: estudo de uma topossequência da Amazônia brasileira (Humaitá-AM)**. Tese de doutorado em Geoquímica e Geotectônica - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 11-09-2000, 201 p.

ROSOLEN, V.; LAMOTTE, M.; BOULET, R.; TRICHET, J.; ROUER, O.; MELFI, A.J. Genesis of a mottled horizon by Fe-depletion within a laterite cover in the Amazon Basin. **Comptes Rendus de l'Académie de Sciences, Série Geoscience**, Paris, n. 334, p. 187-195, 2002.

SOMBROEK, W. G. Soil of the Amazon region. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, p. 521-535, 1984.

WILLIAMS, J.; COVENTRY, R. J. The contrasting hydrology of red and yellow earths in a landscape of low relief. In: THE HYDROLOGY OF AREAS OF LOW PRECIPITATION, Canberra, **Proceedings of Symposium**. Canberra : IAHS-AISH Pub., 1979, n.128, p. 385-395.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à FAPESP (Processos 96/1447 e 97/01550-0) pelo suporte financeiro ao projeto de pesquisa e concessão de bolsa e ao NUPEGEL/USP pelas ótimas condições de trabalho.